

**Caracterização anatómica da casca de *Eucalyptus nitens*
(Deane & Maiden) e *Eucalyptus rudis* Endl. para
identificação das espécies**

Helena Sofia Maurício Patrício

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

Orientador: Doutora Helena Margarida Nunes Pereira

Co-orientador: Doutora Teresa Maria Gonçalves Quilhó Marques dos Santos

Júri:

Presidente: Doutora Maria Helena Reis de Noronha Ribeiro de Almeida, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutora Maria de Fátima Cerveira Tavares, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Teresa Maria Gonçalves Quilhó Marques dos Santos, Investigadora Auxiliar do Instituto de Investigação Científica Tropical.

Agradecimentos

À Doutora Helena Pereira pela orientação científica, disponibilidade e revisões efectuadas durante este trabalho.

À Doutora Teresa Quilhó pela orientação científica e transmissão de conhecimentos, pela permanente disponibilidade e empenho no sucesso deste trabalho, pelas sugestões e revisões efectuadas.

Ao Instituto Superior de Agronomia, à Engenheira Clara Araújo e à Altri por disponibilizarem o material utilizado no presente trabalho.

À Cristiana Alves pelo apoio laboratorial.

Ao Professor Jorge Gominho pela ajuda na obtenção do material para estudo, disponibilização de bibliografia e por ter sempre uma palavra de incentivo.

À Professora Fátima Tavares pela bibliografia disponibilizada.

À Cátia, Patrícia, Priscila, Diogo, Paulo, Nuno, Alicia e Cláudia pela amizade e bons momentos vividos durante este percurso académico.

Ao Arnaldo e Fábio pela ajuda nos instantes finais deste trabalho.

Aos meus pais pelo apoio que sempre me deram.

Obrigada a todos!

Resumo

Analizou-se a casca na base de 5 árvores de *E. nitens* com 4 e 10 anos e 5 árvores de *E. rudis* com 4 anos. A caracterização qualitativa e a determinação da percentagem de tecidos foram feitas em cortes histológicos e a caracterização quantitativa em elementos celulares dissociados; determinou-se a dimensão das fibras e das células de parênquima axial e expandidas.

As espécies apresentaram: ritidoma reduzido, periderme composta pelo felema com células suberificadas e lenhificadas e feloderme; floema não colapsado com camadas tangenciais de parênquima axial que alternam com os elementos do tubo crivoso e feixes de fibras; floema colapsado caracterizado pela alteração das células de parênquima e esclereídeos.

O comprimento, largura e espessura da parede das fibras foi em *E. nitens* com 4 anos de 0,90 mm; 16,2 µm e 4,7 µm; em *E. nitens* com 10 anos de 1,05 mm; 17,8 µm e 5,2 µm e em *E. rudis* de 0,84 mm; 21 µm e 6 µm, respectivamente.

As células de parênquima axial expandidas são o tecido mais abundante do floema (38-48%) em ambas as espécies; a percentagem de fibras foi maior em *E. nitens* (33%).

As espécies diferenciaram-se no tipo de periderme, arranjo das células expandidas e ocorrência de cavidades secretoras.

Palavras – chave: *E. nitens*, *E. rudis*, casca, anatomia, dimensão das células, proporção de tecidos

Abstract

The bark of 5 trees of *E. nitens* with 4 and 10 years of age, and 5 trees of *E. rudis* with 4 years of age was analyzed. The qualitative characterization and the determination of the tissue proportions were made on histological thin sections and quantitative characterization on dissociated elements; the dimension of fibres, axial parenchyma and expanded cells was also determined.

The species showed: reduced rhytidome, periderm composed by phellem with suberised and lignified cells and phelloderm; non-collapsed phloem with tangential layers with axial parenchyma alternating with sieve tube elements and fibre bundles; the collapsed phloem is characterized by the change of the parenchyma cells and sclereids.

The length, width and wall thickness of fibers was in 4-year-old *E. nitens* 0.90 mm; 16.2 μm and 4.7 μm ; in 10-year-old *E. nitens* 1.05 mm; 17.8 μm and 5.2 μm and *E. rudis* 0.84 mm; 21 μm and 6 μm respectively.

The expanded axial parenchyma cells are the most abundant phloem tissue (38-48%) in both species; the percentage of fibers was higher in *E. nitens* (33%).

The species differed in the type of periderm, in the arrangement of the expanded cells and in the occurrence of secretory cavities.

Keywords: *E. nitens*, *E. rudis*, bark, anatomy, cell dimensions, cell type proportions

Extended abstract

Eucalyptus species are known for their bark diversity in texture, persistence, color and properties, varying with species and with age. This variability of the bark is very important for the identification and classification of the different eucalyptus species.

In this work, *Eucalyptus nitens* and *Eucalyptus rudis* bark anatomy is described for the first for species identification purposes. We analyzed 5 trees of *E. nitens* with 4 and 10 years of age, from an arboretum installed at Instituto Superior de Agronomia and 5 trees of *E. rudis* with 4 years of age from Herdade da Regada.

The qualitative characterization and the determination of the tissue proportions were made on histological thin sections after PEG inclusion. The quantitative characterization was made on dissociated elements where the dimension of fibres, axial parenchyma and expanded cells were determined.

Rhytidome was reduced or inexistent in most of the trees. The periderm is formed by bands of lignified cells and suberized cells. The phelloderm consists of a variable number of cells. In older *E. nitens* trees suberised phellem cells were found which had thicker cell walls in the tangential section.

The phloem structure is identical to other species within the *Eucalyptus* genus. The transition of non-collapsed phloem to collapsed phloem is gradual; annual growth increments were not detected; non-collapsed phloem alternated with tangential bands of parenchyma, fibres and sieve tubes; collapsed phloem is characterized by the collapse of sieve tubes, the distortion of rays and the expansion of parenchyma cells.

The length, width and wall thickness of fibers was in 4-year-old *E. nitens* 0.90 mm; 16.2 μm and 4.7 μm ; in 10-year-old *E. nitens* 1.05 mm; 17.8 μm and 5.2 μm and *E. rudis* 0.84 mm; 21 μm and 6 μm respectively.

The expanded axial parenchyma cells are the most abundant phloem tissue (38-48%) in both species; the percentage of fibers was higher in *E. nitens* (33%).

The species differed in the type of periderm, in the arrangement of the expanded cells and in the occurrence of secretory cavities.

Keywords: *E. nitens*, *E. rudis*, bark, anatomy, cell dimensions, cell type proportions

Índice

| | |
|--|-----|
| Lista de figuras..... | vii |
| Lista de tabelas | xi |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Objectivos..... | 1 |
| 1.2 Estrutura do trabalho | 1 |
| 1.3 Enquadramento geral e importância do tema | 2 |
| 1.4 Estado da arte | 4 |
| 1.4.1 Conceito de casca..... | 4 |
| 1.4.2 Processo de formação da casca | 5 |
| 1.4.3 Elementos celulares da casca..... | 6 |
| 1.4.4 Anatomia da casca do género <i>Eucalyptus</i> | 8 |
| 1.4.4.1 Ritidoma, periderme e floema | 8 |
| 2 Material e Métodos..... | 12 |
| 2.1 Local e Amostragem..... | 12 |
| 2.2 Determinação da espessura da casca | 12 |
| 2.3 Preparação de amostras..... | 13 |
| 2.3.1 Para observação à lupa | 13 |
| 2.3.2 Para observação ao microscópio | 14 |
| 2.3.2.1 Impregnação das amostras em PEG-1500 | 14 |
| 2.3.2.2 Técnica de corte, coloração e montagem de lâminas para microscopia | 14 |
| 2.3.2.3 Dissociação dos elementos celulares da casca | 15 |
| 2.4 Descrição anatómica da casca e aquisição de imagens | 15 |
| 2.5 Biometria das fibras, células de parênquima e células expandidas..... | 16 |
| 2.6 Determinação da percentagem de tecidos do floema | 16 |
| 2.7 Análise estatística..... | 16 |
| 3 Resultados e Discussão | 17 |
| 3.1 Casca de <i>Eucalyptus nitens</i> | 17 |
| 3.1.1 Aspecto geral | 17 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1.2 | Caracterização microscópica | 18 |
| 3.2 | Casca de <i>Eucalyptus rudis</i> | 29 |
| 3.2.1 | Aspecto geral | 29 |
| 3.2.2 | Caracterização microscópica | 29 |
| 3.3 | Comparação entre a casca de <i>E. nitens</i> e <i>E. rudis</i> | 37 |
| 3.4 | Espessura da casca de <i>E. nitens</i> e <i>E. rudis</i> | 42 |
| 3.5 | Dimensão das fibras da casca de <i>E. nitens</i> e <i>E. rudis</i> | 42 |
| 3.6 | Percentagem de tecidos no floema..... | 47 |
| 4 | Conclusões | 50 |
| 5 | Bibliografia | 52 |
| | Anexos | 59 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Representação esquemática da madeira e casca numa folhosa. (Esau, 1977). ... | 4 |
| Figura 2 (a-b) - Camadas e elementos celulares da casca de <i>Eucalyptus globulus</i> . a) Ritidoma constituído pela periderme mais antiga e pelo floema isolado pela periderme mais recente. b) Periderme formada por felema, felogénio e feloderme e floema composto por floema colapsado e floema não colapsado. (Fotografias de Santos, 1998). | 7 |
| Figura 3 – Variabilidade do aspecto exterior da casca em espécies do género <i>Eucalyptus</i> . ((PTDC/AGR-CFL/119752/2010), Knapic, S., 2013). | 9 |
| Figura 4 (a-b) - Floema de <i>Eucalyptus globulus</i> . a) Floema não colapsado. b) Floema colapsado. (Santos, 1998). | 10 |
| Figura 5 (a-b) - <i>Eucalyptus nitens</i> com 4 anos. a) aspecto geral da madeira e casca b) pormenor do ritidoma. | 17 |
| Figura 6 (a-b) - <i>Eucalyptus nitens</i> com 10 anos em 2ª rotação. a) aspecto geral da casca, b) pormenor do ritidoma. | 18 |
| Figura 7 - Formação de uma lentícula (Lc) em <i>E. nitens</i> com 10 anos. Células suberificadas (sub) com espessamentos tangenciais e células lenhificadas (lig) do felema. Células de feloderme (Fdm) com pigmentos. Observação em secção radial. 100x. Barra = 50 µm. | 18 |
| Figura 8 (a-b) – Secção transversal da casca de <i>E. nitens</i> . a) Árvore com 4 anos de idade. Periderme formada por felema composto por células lenhificadas (lig) e células suberificadas (sub), felogénio (seta) e feloderme composta por uma única camada de células. Cavidade secretora (Cs) no floema colapsado, junto à periderme associada a tecido de dilatação (td). b) Árvore com 10 anos de idade. Periderme formada por felema composto por células lenhificadas (lig) e células suberificadas (sub) e feloderme composta por várias camadas de células. Tecido de dilatação (td) e células expandidas (Ce). 100x. Barra = 50 µm. | 19 |
| Figura 9 - Secção transversal da casca de <i>E. nitens</i> (árvore com 10 anos). Periderme com felema formado por células suberificadas (sub) com espessamentos tangenciais e células de feloderme (Fdm) com pigmentos. Tecido esclerificado isolado pela periderme (X) 100x. Barra = 100 µm. | 20 |

| | |
|---|----|
| Figura 10 - Pormenor da periderme de <i>E. nitens</i> com 10 anos. Felema com células lenhificadas (lig) e suberificadas (sub) e feloderme com células dispostas radialmente com pigmentos. Tecido de dilatação com inclusões (td). Depósitos de suberina (seta). Observação em secção transversal 100x. Barra = 50 µm. | 20 |
| Figura 11 (a-b) - Secção transversal da casca de <i>E. nitens</i> . a) Aspecto geral do floema não colapsado. Alternância tangencial de faixas de parênquima axial (P), fibras (F) e elementos do tubo crivoso (seta), Raios (R). b) Aspecto geral do floema colapsado. Fibras (F), raios (R), células expandidas (seta). 40x. Barra = 125 µm. | 21 |
| Figura 12 - Distribuição dos elementos do tubo crivoso (Etc), no floema não colapsado de <i>E. nitens</i> . Células companheiras (cc); fibras (F); parênquima axial (P), cristais (setas) e raios (R). 200x. Barra = 25 µm. Observação em secção transversal..... | 22 |
| Figura 13 (a-c) - Formação de complexos de junção (Cj). a) Secção transversal. 200x. Barra = 25 µm. b) Secção radial. c) Secção tangencial. Raios (R) e fibras (F) 100x. Barra = 50 µm. | 22 |
| Figura 14 - Elemento de tubo crivoso (Etc) com placas crivosas oblíquas (Pc) compostas por 9 áreas crivosas (Ac) e fibras (F). Observação em elementos dissociados da casca de <i>E. nitens</i> . 100x. Barra = 100 µm. | 23 |
| Figura 15 - Placa crivosa com áreas crivosas (Ac) com crivos abundantes (seta). Observação em secção tangencial. 200x. Barra = 25 µm..... | 23 |
| Figura 16 - Elemento de tubo crivoso (seta) com placas crivosas laterais (Ac). Observação em secção radial. 100x. Barra = 50 µm. | 23 |
| Figura 17 (a-b) – Floema de <i>E. nitens</i> . a) Secção radial. Raios (R) formados por células prostradas com inclusões; fibras (F). b) Secção tangencial. Raios unisseriados (R), fibras (F) e parênquima axial (P). 100x. Barra = 50 µm. | 24 |
| Figura 18 (a-b) – Floema colapsado de <i>E. nitens</i> com 10 anos. a) Formação de tecido de dilatação (td) e células de parênquima axial expandidas (Ce). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 µm. b) Células de parênquima axial expandidas (Ce), esclereído (Es) e fibras (F). Observação em secção radial. 100x. Barra = 100 µm. | 25 |
| Figura 19 (a-b) – Elementos dissociados de <i>E. nitens</i> . a) Esclereído (Es) com pontuações abundantes (seta). 100x. Barra = 50 µm. b) Esclereídos fibriformes (Ef), fibras com | |

| | |
|---|----|
| pontuações abundantes (F), células expandidas (Ce), células de parênquima (P) com cristais (seta). 50x. Barra = 300µm..... | 26 |
| Figura 20 – Floema colapsado de <i>E. nitens</i> . Raio distorcido (seta) e células expandidas (Ce). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50µm. | 26 |
| Figura 21 – Aspectos estruturais do floema colapsado de <i>E. nitens</i> com 4 anos. Cavidades secretoras (seta) associadas a tecido de dilatação (td). Observação em secção transversal. 40x. Barra = 125 µm..... | 27 |
| Figura 22 - Cristais nas células de parênquima axial (seta). Observação em secção tangencial. 200x. Barra = 50 µm..... | 28 |
| Figura 23 (a-b) - <i>Eucalyptus rudis</i> com 4 anos. a) aspecto geral da madeira e casca b) pormenor do ritidoma. | 29 |
| Figura 24 - Casca de <i>Eucalyptus rudis</i> . Ritidoma (Rt) incluindo o tecido de floema (FI) e a periderme antiga (Pr1) isolados pela periderme mais recente (Pr2); depósito de suberina (★); na camada Pr1 a diferença de cor permite distinguir a alternância de células suberificadas (claras) com as células lenhificada (escuras). Observação em secção radial. 100x. Barra = 50 µm..... | 30 |
| Figura 25 - Aspecto geral do floema não colapsado, observado em secção transversal. Alternância tangencial de faixas de parênquima axial (P), fibras (F), Raios (R). Barra = 50 µm..... | 31 |
| Figura 26 - Presença de complexos de junção (Cj) entre os elementos de tubo crivoso (Etc) da casca de <i>E. rudis</i> , células companheiras (Cc). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 25 µm. | 32 |
| Figura 27 - Formação de complexos de junção (Cj). Observação em secção tangencial. 100x. Barra = 50 µm..... | 32 |
| Figura 28 - Placa crivosa com áreas crivosas (Ac) com crivos abundantes (seta) observada em secção tangencial. 200x. Barra = 25 µm..... | 32 |
| Figura 29 - Elemento de tubo crivoso (Etc) com placas crivosas oblíquas e placas laterais (seta branca), observado em secção tangencial. Raio (R), parênquima axial (P), com cristais (seta preta) e células de parênquima axial com conteúdo (X). 100x. Barra = 50 µm. | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 30 - Raio (R) formado por células prostradas, por vezes quadradas nas margens; fibras (F); parênquima axial (P) com cristais (seta). Observação em secção radial. 100x. Barra = 50 µm. | 33 |
| Figura 31 - Floema colapsado de <i>E. rudis</i> . Células de parênquima axial expandidas (Ce); fibras (F) e visível distorção do trajecto dos raios (R). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 µm..... | 34 |
| Figura 32 - Aglomerados de células de parênquima axial expandidas (Ce) com diversos graus de lenhificação e formação de tecido de dilatação (td) através da divisão das células de parênquima radial. Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 µm. | 35 |
| Figura 33 - Esclereído (Es) com pontuações (seta), evidenciando-se a parede polilamelada e células expandidas (Ce). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 µm..... | 35 |
| Figura 34 – Esclereídos fibriformes (Ef), fibras (F) com pontuações abundantes, células expandidas (Ce), células de parênquima (P) com cristais (seta). 100x..... | 36 |

Lista de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Características do floema não colapsado e sua ocorrência em espécies do género <i>Eucalyptus</i> . (Adaptado de Alfonso (1987) e Pereira et al. (2010)). | 10 |
| Tabela 2 – Tipos de células e alterações no floema colapsado em diferentes espécies de <i>Eucalyptus</i> . | 11 |
| Tabela 3 - Caracterização das árvores amostradas. | 13 |
| Tabela 4 - Dimensões das fibras de <i>E. nitens</i> (valores médios e desvio-padrão, mínimos e máximos). | 42 |
| Tabela 5 - Análise de variância para o comprimento das fibras de <i>E. nitens</i> da mata do Carrascal. | 43 |
| Tabela 6 - Análise de variância para o comprimento das fibras de <i>E. nitens</i> de Farminhão. | 44 |
| Tabela 7 - Análise de variância para a largura das fibras de <i>E. nitens</i> da mata do Carrascal. | 44 |
| Tabela 8 - Análise de variância para a largura das fibras de <i>E. nitens</i> de Farminhão. | 44 |
| Tabela 9 - Análise de variância para a espessura de parede das fibras de <i>E. nitens</i> da mata do Carrascal. | 44 |
| Tabela 10 - Análise de variância para a espessura de parede das fibras de <i>E. nitens</i> de Farminhão. | 44 |
| Tabela 11 - Dimensões das fibras de <i>E. rudis</i> (valores médios e desvio-padrão, mínimos e máximos). | 45 |
| Tabela 12 - Análise de variância para o comprimento das fibras de <i>E. rudis</i> . | 46 |
| Tabela 13 - Análise de variância para a largura das fibras de <i>E. rudis</i> . | 46 |
| Tabela 14 - Análise de variância para a espessura da parede das fibras de <i>E. rudis</i> . | 46 |
| Tabela 15 – Valores médios da percentagem de tecidos do floema de <i>E. nitens</i> , por árvore independentemente da idade. | 47 |
| Tabela 16 – Valores médios da percentagem de tecidos no floema de <i>E. rudis</i> , por árvore. | 48 |

1 Introdução

1.1 Objectivos

Este trabalho teve como principal objectivo o estudo anatómico da casca de *Eucalyptus nitens* Daiden & Maiden e *Eucalyptus rudis* Endl., tendo em vista a sua identificação.

Pretendeu-se ainda com este estudo, alargar o conhecimento sobre as cascas do género *Eucalyptus*, relativamente à sua estrutura, arranjo, disposição e ocorrência dos diferentes elementos estruturais para potencial uso.

1.2 Estrutura do trabalho

O trabalho estrutura-se em cinco capítulos:

No capítulo 1, capítulo introdutório, indicam-se os objectivos do trabalho, apresenta-se o enquadramento geral do tema e é feita uma revisão de conhecimentos sobre o conceito de casca, o processo de formação da casca, elementos celulares constituintes da casca e aspectos característicos da casca de espécies do género *Eucalyptus* para identificação.

No capítulo 2 é feita a caracterização do material utilizado e apresenta-se a metodologia usada no trabalho para os estudos anatómicos da casca.

No capítulo 3 é apresentada a caracterização qualitativa e quantitativa da casca de *E. nitens* e *E. rudis* e os resultados são discutidos com base em bibliografia.

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões gerais do trabalho.

No capítulo 5 é indicada a bibliografia consultada.

Nos anexos I - III, são incluídas as chaves de identificação da casca de várias espécies de *Eucalyptus* elaboradas por Alfonso (1987) e as Tabelas II.1 - III.10 com a determinação da dimensão das fibras, das células de parênquima axial e das células de parênquima axial expandidas.

1.3 Enquadramento geral e importância do tema

O género *Eucalyptus* pertence à Família Myrtaceae e engloba mais de 500 espécies na sua maioria originárias da Austrália e Tasmânia. Em Portugal, o *Eucalyptus globulus* é a espécie com maior expansão, ocupando 26% da área florestal nacional (ICNF, 2013), embora tenham sido introduzidas outras espécies, entre as quais *E. nitens* e *E. rudis* que estão circunscritas a pequenos povoamentos, arboretos ou parques e jardins (Goes, 1991).

As árvores de *E. nitens* são de grande porte, com 40-70m de altura, de tronco recto de 1/2 a 2/3 da altura, com copa no 1/3 superior da árvore; *E. nitens* é uma espécie natural de zonas montanhosas (600 a 1600m de altitude) da Austrália, de clima temperado frio com precipitação anual de 750 a 1750mm, distribuída durante o ano, temperaturas máximas do mês mais quente entre 21-26°C e temperaturas mínimas do mais frio de -5 a 2°C.

As árvores de *E. rudis* têm 10-20m de altura, copa ampla e tronco curto e pouco recto; *E. rudis* é uma espécie oriunda das zonas costeiras (nível do mar até 350m de altitude) do sul e oeste da Austrália Ocidental, onde cresce em terrenos pantanosos ou nas margens dos cursos de água, o clima destas zonas é caracterizado por verões secos e amenos e invernos húmidos, com precipitação anual de 400-1000mm na sua maioria no inverno e início da primavera, temperaturas máximas do mês mais quente entre 26-36°C e temperaturas mínimas do mais frio de 4 a 10°C (Goes, 1985; Boland et al., 1999).

Os eucaliptos são conhecidos pela sua diversidade na textura, persistência, cor e relevo da casca variando de espécie para espécie e na árvore com a idade. Esta variabilidade leva a que a casca seja bastante importante na identificação e classificação das diferentes espécies de eucaliptos. Os primeiros estudos para identificação de eucaliptos pela anatomia da casca foram realizados por Chattaway (1953, 1955a, 1955b, 1955c) tendo sido demonstrada a importância da casca no estudo de várias espécies e relacionada a diversidade anatómica com a morfologia externa; os trabalhos de Alfonso (1987) realizados em várias espécies de *Eucalyptus* com a formulação de chaves de identificação a partir dos tecidos que formam a casca (Anexo I) e de Quilhó et al. (1999) para *E. globulus* trouxeram contributos para a identificação das espécies dentro do género.

A madeira de *E. nitens* tem sido sobretudo estudada para o aproveitamento da madeira para o sector papelheiro (Mariani et al., s.d; Boland et al., 1999; Antunes, 2009; Foelkel, 2009) e a de *E. rudis* como fonte de biomassa para energia (Boland et al., 1999), mas a informação relativa à casca é escassa. São várias as razões apontadas para o menor conhecimento da casca, desde logo pela heterogeneidade e alteração precoce dos tecidos que a formam, dificultando estudos estruturais detalhados e a necessidade de técnicas laboratoriais

especiais e morosas (Esau, 1977; Roth, 1981; Trockenbrodt, 1991, 1992) e ainda a falta de uma terminologia padronizada à semelhança da existente para a madeira.

A casca pode representar uma percentagem importante da fracção comerciável do tronco que não deve ser desprezada. Foelkel (2005) e Pereira et al. (2010) referem valores de 10% a 18% de casca em volume em espécies comerciais de eucaliptos. Não obstante a percentagem de casca na árvore, esta é normalmente considerada como um resíduo ou um inconveniente para a indústria florestal e muitas vezes é deixada na floresta aquando do descasque das árvores. Se é certo que a permanência de casca no solo permite a reposição de nutrientes contribuindo para a sustentabilidade florestal, em regiões com clima quente e seco pode contribuir para o aumento do risco de incêndio.

A preocupação ambiental e a escassez de madeira têm intensificado os estudos da casca abrindo novas perspectivas para a sua valorização como matéria-prima (Pereira et al., 1990, 1992; Soffiatti et al., 1999; Fabrowski et al., 2003; Şen et al., 2011), embora o seu principal destino seja a queima para produção de energia (Domingues et al., 2011).

Das variadas aplicações da casca assinala-se o uso de taninos para a formulação de adesivos, na produção de biocidas e recentemente a aplicação na remoção de metais pesados de águas residuais industriais (Jorge et al., 2001; Martin-Dupont et al., 2006; Kumar, 2006; Olivella et al., 2011; Şen et al., 2012). Parece promissor o uso da casca de eucalipto na produção de etanol e de bioplásticos e biopolímeros (Bragatto, 2010); o surgimento do conceito de biorefinaria tem permitido o melhor aproveitamento da casca, como é o caso da extracção da fração lipofílica, das cascas de alguns eucaliptos (*E. nitens*, *E. grandis*, *E. urograndis*) ricas em ácidos triterpénicos com elevado valor comercial (Patinha, 2011).

Para uma utilização mais eficaz da casca é necessário seleccionar as espécies e conhecer a sua estrutura. O estudo anatómico da casca pode ser um bom instrumento para a separação taxonómica e fundamental para o melhor uso e é neste contexto que é apresentado pela primeira vez um estudo mais alargado sobre a anatomia da casca de *E. nitens* e *E. rudis*.

O trabalho apresentado insere-se no projecto “EucPlus - Novos processos e utilizações para madeira de eucalipto” (PTDC/AGR-CFL/119752/2010), coordenado pelo Centro de Estudos Florestais.

1.4 Estado da arte

1.4.1 Conceito de casca

No sentido lato, a casca corresponde a todos os tecidos exteriores ao câmbio vascular (Figura 1) independentemente da sua origem (Zahur, 1959; Esau, 1953, 1977; Roth, 1981; Richter, 1981, 1985, 1990; Alfonso, 1987; Trockenbrodt, 1990; Junikka, 1994; Richter et al., 1996; Monteiro, 2003; Evert et al., 2006). Num estado de crescimento primário a casca inclui floema primário, córtex e epiderme e num estado de crescimento secundário o floema secundário, restos de tecido primário quando existentes, periderme e ritidoma.

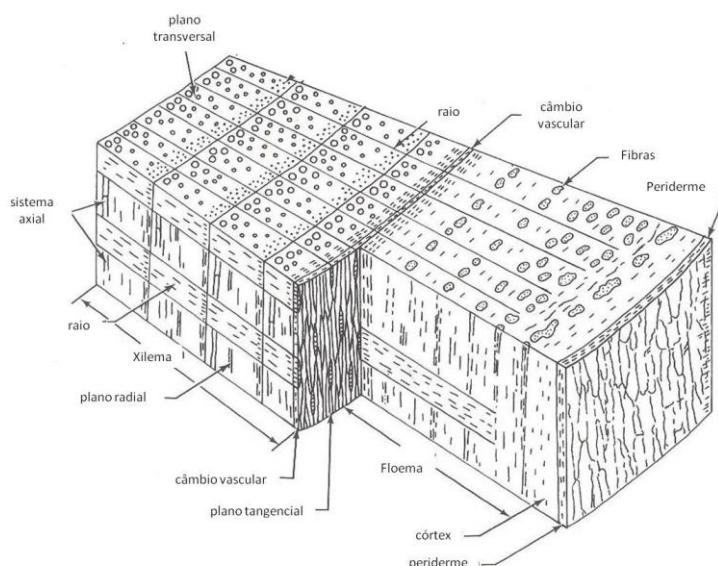


Figura 1 – Representação esquemática da madeira e casca numa folhaosa. (Esau, 1977).

No entanto, a definição de casca não é consensual, sendo frequente alguns autores considerarem o termo casca num sentido restrito como o conjunto da periderme e ritidoma (Chattaway 1995a,b,c); outros exemplos de diferentes interpretações são as designações de casca externa (*outer bark*) e casca interna (*inner bark*) atribuídas respectivamente ao ritidoma e ao floema secundário (Howard, 1971; Bramhall et al., 1977); Furuno, 1990) ou o uso dos termos *inner bark/ outer bark* ao floema funcional/ floema não funcional (Schaad et al., 1970) também designados por floema condutor/ floema não condutor (Nanko et al., 1979; Chan, 1985, 1986; Donghua et al., 1993). Já Trockenbrodt (1990) assinala como principal critério de distinção entre estas duas zonas de floema, o colapso dos elementos do tubo crivoso, designando estas zonas por floema não colapsado e floema colapsado,

designação também usada por Nunes et al. (1996), Quilhó et al. (1999), Şen et al. (2011) e Quilhó et al. (2013) e adoptada neste trabalho.

A necessidade de uniformizar termos para uma melhor interpretação de observações na casca é fundamental. Trockenbrodt (1990) e Lev-Yadun (1991) foram pioneiros na tentativa de estabelecer alguns critérios para a descrição da casca e Richter et al. (1996) publica pela primeira vez um glossário para a casca estando prevista, para o ano de 2014, uma terminologia semelhante à que existe para a madeira (Pace, 2012).

1.4.2 Processo de formação da casca

A actividade do câmbio vascular e do felogénio no processo de formação da casca tem sido estudada e descrita por vários autores (Esau, 1972; Moreira, 1983; Fahn, 1990; Dickison, 2000; Evert et al., 2006).

O câmbio vascular é um meristema que apresenta a forma de uma faixa contínua de células bastante vacuolizadas que envolve o xilema e é constituído por dois tipos de células: as iniciais fusiformes e as iniciais radiais. As iniciais fusiformes são mais alongadas, de forma prismática e com extremidades pontiagudas e originam por divisão todos os elementos dispostos axialmente; as iniciais radiais são células de menores dimensões praticamente isodiamétricas, que produzem todos os elementos dispostos horizontalmente.

Na região cambial ocorrem dois tipos de divisão das células iniciais fusiformes: divisão periclinal e divisão anticlinal ou pseudotransversa. Da divisão periclinal (longitudinal e paralela ao câmbio), responsável pelo engrossamento do tronco, são formadas alternadamente, para o interior células-mãe do xilema, que se diferenciam como elementos do xilema, e para o exterior células-mãe do floema que se diferenciam como elementos do floema.

As células-mãe do xilema dividem-se mais activamente do que as células-mãe do floema, originando uma maior produção de xilema comparativamente à quantidade de floema formado. À medida que o volume de xilema aumenta, o câmbio vascular é empurrado para o exterior e para que haja continuidade do câmbio as suas células passam por divisões anticlinais originando novas células intercalares.

No lado do floema, à medida que novas camadas de células são formadas, ele vai sendo deslocado para o exterior. De forma a acompanhar o aumento de diâmetro, as células de parênquima axial e radial mantêm a capacidade de divisão e expansão, atribuindo um

aspecto característico ao floema (Chattaway, 1953; Esau, 1977; Roth, 1981; Alfonso, 1987). É durante este processo que tem início a diferenciação de duas zonas: floema não colapsado, fase recente de produção de células de floema, e floema colapsado, camadas de floema mais velho, caracterizado pelo colapso dos elementos do tubo crivoso e pela desorganização da estrutura consequente da divisão e expansão das células de floema.

O felogénio é um meristema constituído por um único tipo de células, quando observadas em corte transversal, apresentam forma rectangular (Chattaway, 1952, 1953) e quando observadas tangencialmente apresentam forma poligonal mais ou menos rectangular (Evert et al. 2006). O felogénio produz através de divisões periclinais células de felema (tecido suberoso) para o exterior e células de feloderme para o interior. Em simultâneo, e de forma a acompanhar o aumento de diâmetro da árvore, as células de felogénio sofrem divisões anticlinais (Roth, 1981). O felema é formado por células lenhificadas e células suberificadas quando observadas tangencialmente têm forma poligonal e em secção transversal são alongadas radialmente (Esau, 1977; Fahn, 1990; Evert et al., 2006). O felema possui função de protecção devido à suberificação da parede das células impedir a perda de humidade. A feloderme é constituída por células vivas com paredes não suberificadas, semelhantes às células de parênquima cortical, dispostas radialmente, podem esclerificar as paredes e em algumas plantas conter cloroplastos. A feloderme possui função de suporte, armazenamento, protecção e por vezes função fotossintética. O conjunto do felogénio, felema e feloderme denomina-se periderme.

À medida que a árvore envelhece, aumentam as forças de tensão consequentes do engrossamento do tronco, a periderme rasga e forma-se uma nova periderme mais internamente no floema secundário. Esta nova periderme formada vai isolar todos os tecidos que lhe são exteriores, que desprovidas de água e nutrientes morrem e formam o ritidoma. A largura da camada de felema, a espessura da parede das células e o arranjo das células, a largura da camada de feloderme e a sua composição assim como o número de peridermes formadas e o seu modo de desenvolvimento influenciam o tipo de ritidoma que se irá formar na árvore.

1.4.3 Elementos celulares da casca

A Figura 2 (a-b) representa a casca de *E. globulus* e as respectivas camadas e elementos celulares que a constituem.

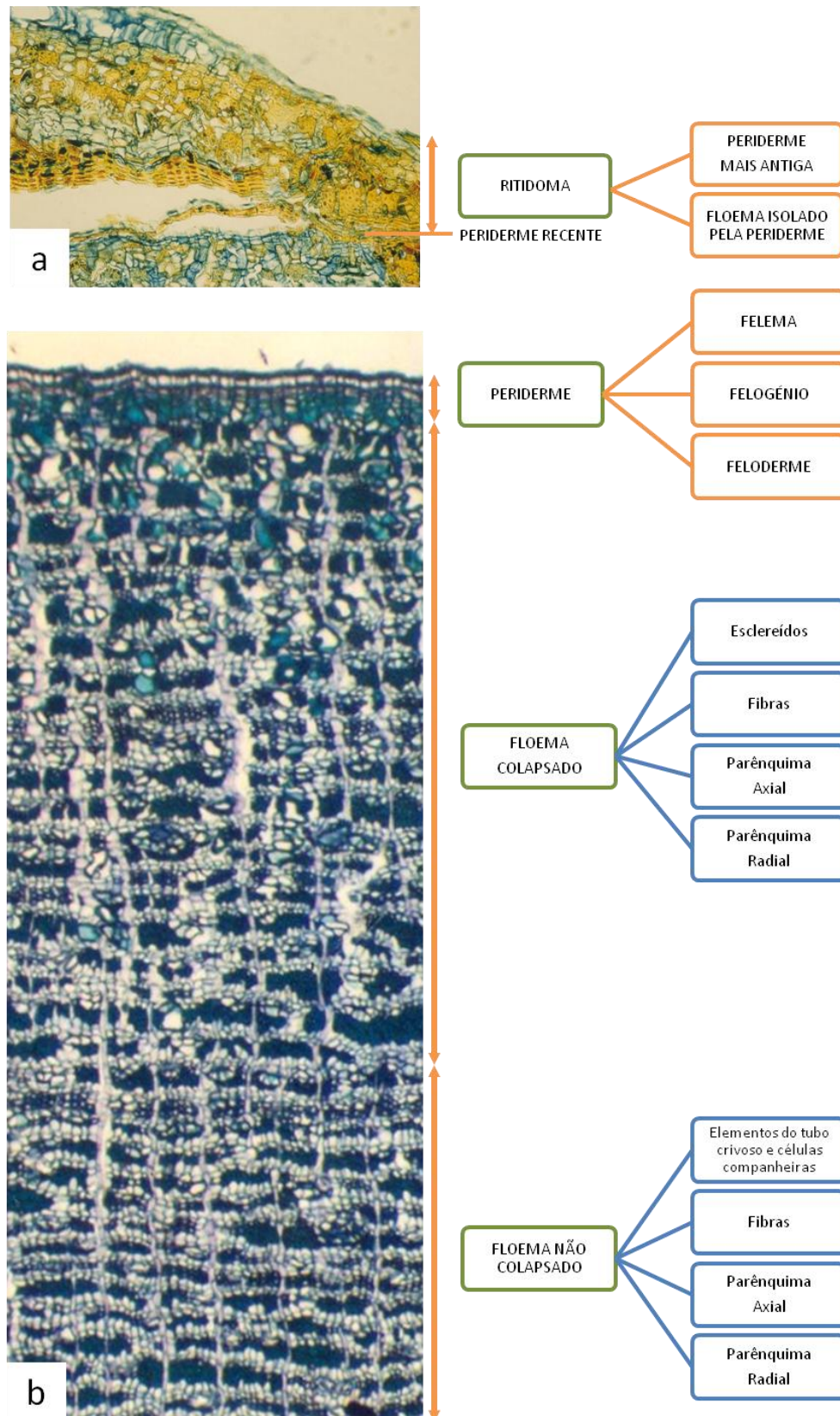


Figura 2 (a-b) - Camadas e elementos celulares da casca de *Eucalyptus globulus*. a) Ritidoma constituído pela periderme mais antiga e pelo floema isolado pela periderme mais recente. b) Periderme formada por felema, felogénio e feloderme e floema composto por floema colapsado e floema não colapsado. (Fotografias de Santos, 1998).

Sumariamente, e de acordo com a terminologia de Richter et al. (1996):

Ritidoma - Conjunto de tecidos externos à última periderme formada, consiste em peridermes sequenciais e tecidos por elas englobados, incluindo frequentemente porções de tecidos de origem primária.

Periderme - Conjunto de tecidos de revestimento, de origem secundária que substitui a epiderme; constituída por felema, felogénio e feloderme.

Floema - Tecido responsável pela condução de assimilados, derivado do câmbio vascular, constituído por elementos do tubo crivoso, parênquima axial e radial e fibras.

Elementos do tubo crivoso - Células condutoras de seiva elaborada, dispostas em séries axiais, interligadas por placas crivosas.

Esclereídeos - Células de origem parenquimática (axial ou radial), com parede secundária geralmente espessada e polilamelar com função de suporte.

Fibras - Células estreitas e alongadas, com parede secundária lenhificada, crescimento apical intrusivo, originárias do câmbio vascular.

Parênquima axial - Células parenquimáticas do sistema axial do floema; com protoplasto vivo com potencial para modificações posteriores, com função de armazenamento.

Parênquima radial - Células parenquimáticas do sistema radial do floema, derivadas das iniciais radiais do câmbio vascular; com protoplasto vivo com potencial para modificações posteriores, com função de armazenamento.

1.4.4 Anatomia da casca do género *Eucalyptus*

1.4.4.1 Ritidoma, periderme e floema

A textura, persistência, cor e relevo da casca das espécies do género *Eucalyptus* varia de espécie para espécie (Figura 3) e está associada à sua estrutura interna - tipo de células, arranjo e distribuição (Foelkel, 2005). Esta variabilidade faz com que a casca seja bastante importante na identificação e classificação das diferentes espécies de eucaliptos evidenciada nas chaves de identificação elaboradas por Alfonso (1987) apresentadas no Anexo I.



Figura 3 – Variabilidade do aspecto exterior da casca em espécies do género *Eucalyptus*. ((PTDC/AGR-CFL/119752/2010), Knapic, S., 2013).

Segundo Goes (1985), existem dois grandes grupos: cascas caducas e persistentes. Nas cascas caducas, incluem-se as do tipo “Gum”, que se desprendem devido à renovação da camada subero-felodérmica (*E. globulus*, *E. camaldulensis*). Nas cascas persistentes incluem-se os tipos: “Ironbark”, casca não fibrosa, dura, sulcada longitudinalmente (*E. paniculata*, *E. sideroxylon*); “Box”, casca de fibras curtas, de cor cinzenta, fibrosa, com sulcos pouco profundos (*E. microcarpa*, *E. melliodora*); “Stringybark”, casca de fibras muito compridas entrelaçadas, muito sulcada longitudinalmente (*E. obliqua*, *E. scraba*); “transversae”, casca feltrosa, muito sulcada longitudinalmente (*E. botryoides*, *E. resinifera*, *E. robusta*); “Blackbutt”, casca muito escura de fibras compridas, pouco entrelaçada (*E. pilularis*); “Peppermint”, casca fibrosa, de cor escura, entrelaçada, sulcada (*E. amygdalina*, *E. dives*).

Entre as cascas caducas e persistentes existem vários casos intermédios: casca persistente por vezes na base do tronco (*E. grandis*, *E. viminalis*); casca persistente apenas na base do tronco (*E. regnans*, *E. ovata*); casca persistente na metade inferior do tronco e caduca na restante parte e ramos (*E. pilularis*, *E. delegatensis*); casca persistente no tronco mas caduca nos ramos (*E. robusta*, *E. paniculata*).

A cor da casca caduca é também um elemento importante para a identificação. As cascas podem ser brancas (*E. citriodora*, *E. viminalis*), azuladas (*E. saligna*), cinzenta - azulada (*E. globulus*), alaranjada (*E. cladocalyx*) e malhada (*E. maculata*).

O floema é formado por diversos tipos células: células de parênquima axial e radial, elementos do tubo crivoso e células companheiras, fibras e esclereídos, distribuídos por

duas zonas estruturalmente e funcionalmente distintas (Figura 4): floema não colapsado e floema colapsado (Chattaway, 1953; Alfonso, 1987; Santos, 1998).

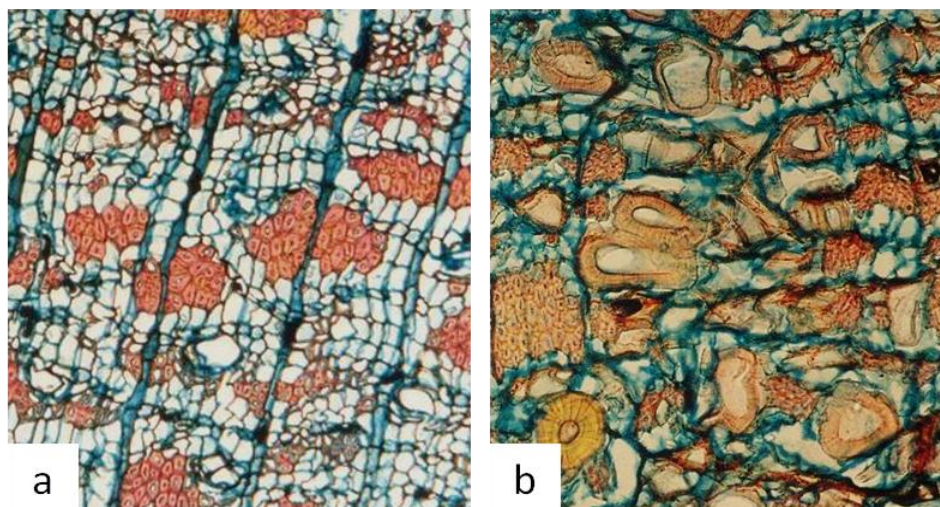


Figura 4 (a-b) - Floema de *Eucalyptus globulus*. a) Floema não colapsado. b) Floema colapsado. (Santos, 1998).

O floema não colapsado é caracterizado por uma alternância de faixas de células de parênquima axial, elementos do tubo crivoso e células companheiras e fibras. Alfonso (1987) descreve a casca de 21 espécies do gênero *Eucalyptus*, evidenciando algumas características do floema não colapsado (Tabela 1).

Tabela 1 – Características do floema não colapsado e sua ocorrência em espécies do gênero *Eucalyptus*. (Adaptado de Alfonso (1987) e Pereira et al. (2010)).

| Características anatómicas do floema não colapsado | Espécies |
|---|---|
| Homogêneo | <i>E. citriodora</i> (++) ; 20 espécies (+) ; <i>E. globulus</i> (+) |
| Área reduzida | Todas as espécies (++) |
| Elementos crivosos de secção irregular | Todas as espécies (+) |
| Placas crivosas compostas e oblíquas | Todas as espécies (++) |
| Placas crivosas com 6 a 25 áreas crivosas | Todas as espécies (++) |
| Complexos de junção | Todas as espécies (-) ; <i>E. globulus</i> (+) |
| Raios uni e bisseriados | Todas as espécies (++) |
| Cristais de oxalato de cálcio no parênquima axial | Todas as espécies (+) |
| Presença de taninos | <i>E. citriodora</i> , <i>E. maculata</i> , <i>E. saligna</i> , <i>E. crebra</i> , <i>E. microcorys</i> , <i>E. deanei</i> , <i>E. siderophloia</i> , <i>E. pilularis</i> , <i>E. tereticornis</i> , <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. cloeziana</i> (++) ; <i>E. globulus</i> (+) |
| Transição gradual para o floema colapsado | <i>E. citriodora</i> (-), <i>E. maculata</i> , <i>E. urophylla</i> , <i>E. globulus</i> (+) |

(-) característica ausente; (+) característica presente; (++) característica particularmente evidente.

Na Tabela 2 é possível observar os diferentes tipos de células e alterações presentes no floema colapsado de diversas espécies do género *Eucalyptus*.

Tabela 2 – Tipos de células e alterações no floema colapsado em diferentes espécies de *Eucalyptus*.

| Células de parênquima expandidas | Esclereídos | Esclereídos fibriformes | Distorção e dilatação dos raios |
|---|------------------------------|--------------------------------|--|
| <i>E. regnans</i> (1) | <i>E. regnans</i> (1) | <i>E. citriodora</i> (2) | <i>E. propinqua</i> (2) |
| <i>E. globulus</i> (1) (5) | <i>E. globulus</i> (1) (5) | <i>E. cloeziana</i> (2) | <i>E. punctata</i> (2) |
| <i>E. citriodora</i> (2) | <i>E. grandis</i> (2) | <i>E. pilularis</i> (2) | <i>E. tereticornis</i> (2) |
| <i>E. propinqua</i> (2) | <i>E. saligna</i> (2) | <i>E. abbreviata</i> (4) | <i>E. dunnii</i> (2) |
| <i>E. alba</i> (2) | <i>E. tereticornis</i> (2) | <i>E. setosa</i> (4) | <i>E. cloeziana</i> (2) |
| <i>E. urophylla</i> (2) | <i>E. camaldulensis</i> (2) | <i>E. terminalis</i> (4) | <i>E. pilularis</i> (2) |
| <i>E. maculata</i> (2) | <i>E. alba</i> (2) | <i>E. peltata</i> (4) | <i>E. paniculata</i> (2) |
| <i>E. punctata</i> (2) | <i>E. cloeziana</i> (2) | <i>E. gummifera</i> (4) | <i>E. aspera</i> (3) (4) |
| <i>E. gummifera</i> (3) | <i>E. pilularis</i> (2) | <i>E. globulus</i> (5) | <i>E. torelliana</i> (4) |
| <i>E. macrorhyncha</i> (3) | <i>E. crebra</i> (2) | | <i>E. globulus</i> (5) |
| <i>E. aspera</i> (4) | <i>E. siderophloia</i> (2) | | |
| <i>E. torelliana</i> (4) | <i>E. macrorhyncha</i> (3) | | |
| | <i>E. papuana</i> (4) | | |
| | <i>E. abergiana</i> (4) | | |
| | <i>E. dichromophloia</i> (4) | | |

(1) Hillis et al. (1990); (2) Alfonso (1987); (3) Chattaway (1955a); (4) Chattaway (1955b); (5) Quilhó et al. (1999).

2 Material e Métodos

2.1 Local e Amostragem

O estudo foi efectuado em 5 árvores de *Eucalyptus nitens* e 5 árvores de *Eucalyptus rudis*. Todas as árvores são provenientes do arboreto instalado em Fevereiro de 2007, na mata do Carrascal, no Instituto Superior de Agronomia (ISA) em Lisboa em parceria com a Associação da Indústria Papeleira (CELPA), à excepção de 3 árvores de *E. nitens* em 2ª rotação de 2001, provenientes da Herdade Regada, propriedade da Altri, situada em Farminhão, Viseu.

A região de Farminhão situa-se numa região de solos de origem granítica a uma latitude 40° 36'N e longitude de 8° 0' W, entre 300 a 350 m de altitude; apresenta um declive de 11 - 20%, a temperatura média anual varia entre 12,5°C e 15°C e apresenta uma precipitação média anual de 1200 – 1400 mm (DGRF, 2006b).

A mata do Carrascal localiza-se sobre um solo derivado de rochas basálticas, a uma latitude 38° 42'N e longitude de 9° 11' W, a 100 m de altitude e apresenta declive inferior a 20%, onde a temperatura média anual varia entre 15°C e 17,5°C e a precipitação média anual é inferior a 800 mm (Matos, 1994; DGRF, 2006a).

Na Tabela 3 estão indicadas algumas das características das árvores amostradas. Para o estudo da anatomia da casca foi retirada em cada árvore uma rodela ao nível da base (único nível disponibilizado para o estudo pelo Instituto Superior de Agronomia), que foi identificada com o número da árvore.

2.2 Determinação da espessura da casca

Com o auxílio de uma suta foi determinada em cada rodela, a espessura média da casca ao nível da base (Tabela 3), a partir da diferença entre os diâmetros cruzados com e sem casca.

Tabela 3 - Caracterização das árvores amostradas.

| Árvore | Idade | Diâmetro médio com casca ao nível da base (cm) | Espessura média da casca ao nível da base (cm) | Altura (m) | DAP (cm) |
|-----------|-----------------------|--|--|------------|----------|
| N | 4 anos 1ª Rotação | 12,95 | 0,53 | nr | nr |
| N1 | 4 anos 1ª Rotação | 9,00 | 0,40 | nr | nr |
| N3 | 10 anos 2ª Rotação | 28,10 | 1,50 | 21,0 | 21,20 |
| N5 | 10 anos 2ª Rotação | 28,35 | 1,70 | 21,9 | 26,40 |
| N6 | 10 anos 2ª Rotação | 25,50 | 1,85 | 21,2 | 16,50 |
| R | 4 anos 1ª Rotação | 9,20 | 0,68 | nr | nr |
| R1 | 4 anos 1ª Rotação | 12,10 | 0,68 | nr | nr |
| R2 | 4 anos 1ª Rotação | 10,65 | 0,55 | nr | nr |
| R3 | 4 anos 1ª Rotação | 12,75 | 0,68 | nr | nr |
| R4 | 4 anos 1ª Rotação | 8,45 | 0,40 | nr | nr |

nr - Não existe registo.

2.3 Preparação de amostras

Para o estudo anatómico da casca prepararam-se amostras para observação à lupa e para observação ao microscópio. A preparação das amostras para observação da estrutura da casca exigiram técnicas específicas e morosas descritas por Santos (1998) e habitualmente usadas (Richter, 1990; Şen et al., 2011; Quilhó et al., 2013).

2.3.1 Para observação à lupa

Em cada uma das rodela foi polida a secção transversal com lixa P400, seguida de lixa P600 e feita a aquisição de imagem através de uma câmara Leica DFC 320 acoplada a uma lupa Leica MZ6 e a um sistema de análise de imagem Leica QWin. A observação à lupa permitiu uma primeira análise da estrutura da casca na rodela.

2.3.2 Para observação ao microscópio

De cada rodela foram retiradas 2 amostras iguais, em forma de cubo, para realização de cortes histológicos. Depois de saturadas, as amostras foram fervidas em água (fervura rápida) e conservadas em álcool a 70º e glicerina em partes iguais, guardadas em frascos devidamente identificados até serem processados.

2.3.2.1 Impregnação das amostras em PEG-1500

Para a realização de cortes da casca com micrótomo, dada a fragilidade dos tecidos que a compõem, as amostras foram incluídas em polietilenoglicol 1500 (PEG-1500): cada amostra foi colocada num copo com uma solução de 20 ml de PEG (previamente fundido a 60º) e 80 ml de água destilada e levada à estufa a 60ºC durante 3 dias, até evaporação da água. Seguidamente a amostra passou para PEG puro e manteve-se na estufa à mesma temperatura, durante 2 horas. Finalmente a amostra foi retirada da estufa e a solidificação do PEG fez-se à temperatura ambiente; o excesso de PEG foi removido à volta da amostra com um bisturi.

2.3.2.2 Técnica de corte, coloração e montagem de lâminas para microscopia

As amostras de casca foram cortadas no micrótomo de deslize LEICA SM 2400, segundo os planos de corte transversal, radial e tangencial e com uma espessura que variou entre os 18-21 µm.

Para obtenção dos cortes foi necessário o uso de uma fita especial, Tesa Film106, de modo a diminuir a desagregação dos tecidos da casca durante o processo de corte, coloração e montagem nas lâminas. Durante a parte experimental, uma vez que a fita Tesa Film106 acabou e já não existe no mercado, foram testadas para continuidade do trabalho outras fitas adesivas (Tesa 4101, 3M 471 e 3M 2214) com bons resultados.

Os cortes foram retirados do micrótomo a seco, com o auxílio de um pincel e guardados em caixas de Petri, revestidas interiormente com papel de filtro até ao procedimento da coloração.

Os cortes foram corados com uma coloração dupla de crisoidina e azul astral: primeiro 3 minutos na crisoidina (solução aquosa), seguindo-se uma lavagem rápida em água destilada

e 7 minutos no azul astral (solução aquosa). Para remoção do excesso de corante procedeu-se a uma nova lavagem dos cortes em água destilada.

Os cortes secaram durante 24 horas e foram montados em lâminas onde se fez previamente um esfregaço com gelatina da Kaiser. Conjuntos de 10 lâminas separadas por pedaços de papel vegetal foram prensadas em “sandwich”, para uma melhor aderência do corte à lâmina, durante 24 horas.

Em seguida cada lâmina foi mantida em xilol durante 20 a 30 minutos para remoção da fita Tesa Film e os cortes foram finalmente desidratados, passando por álcool a 96% e álcool puro, durante 15 minutos até à montagem em Eukitt. As lâminas definitivas foram secas ao ar durante 48 horas sob pequenos pesos.

2.3.2.3 Dissociação dos elementos celulares da casca

Em cada rodela foi retirada uma fracção de casca do câmbio vascular para a periferia e reduzida a pequenas estilhas. Em frascos devidamente identificados, as estilhas foram submetidas à acção de soluto de Franklin (peróxido de hidrogénio a 30% e ácido acético glacial, 1:1) e mantidas em estufa a 60°C durante 72 horas. Seguidamente foram lavadas em água corrente e agitadas até individualização das células. Os elementos dissociados foram guardados e conservados em álcool a 70°, em frascos previamente identificados.

2.4 Descrição anatômica da casca e aquisição de imagens

A descrição anatômica da casca foi feita a partir da observação ao microscópio dos cortes histológicos e dos elementos dissociados, segundo a terminologia proposta por Richter et al. (1996). Para cada espécie estudada são apresentadas imagens da estrutura da casca complementando assim as observações feitas. Estas imagens foram adquiridas através de um sistema de análise de imagem Leica QWin e uma câmara Leica DFC 320 acoplada ao microscópio Leica DM LA.

2.5 Biometria das fibras, células de parênquima e células expandidas

Para cada árvore foi determinado o comprimento, a largura total, a largura do lúmen e a espessura da parede de 40 fibras, em elementos dissociados e corados com uma solução aquosa de azul astral. Prepararam-se duas lâminas por árvore e em cada uma foram medidas 20 fibras. As medições foram efectuadas usando um sistema de análise de imagem semiautomático Leitz ASM-68K, acoplado a um microscópio (Leitz DIALUX 22 EB).

A determinação do diâmetro cruzado das células de parênquima e expandidas foi feita em cortes transversais através da opção “Segment” do software Leica Application Suite V 4.2. Foram medidas 15 células de parênquima no floema não colapsado e 15 células expandidas na região do floema colapsado.

2.6 Determinação da percentagem de tecidos do floema

A percentagem de tecidos foi feita em cortes transversais a partir de 4 imagens digitalizadas (2 de floema não colapsado e 2 de floema colapsado) sobrepondo uma grelha de 48 pontos. Para cada ponto foi registado o tecido observado utilizando a opção “Count” do software Leica Application Suite V 4.2.

2.7 Análise estatística

Foram realizadas análises de variância (ANOVA) sobre os valores médios do comprimento, largura e espessura de parede das fibras. Para cada fonte de variação (árvore e espécie) foram calculados os graus de liberdade, os quadrados médios e significância estatística a um nível de 5%. As diferenças significativas foram verificadas através do teste de Tukey.

A análise de variância para o conjunto dos 2 locais para *E. nitens*, não foi efectuada devido à diferença de idades entre as árvores.

Os resultados devem ser avaliados com cautela devido ao reduzido número de amostras e à existência árvores da mesma espécie com idades diferentes.

3 Resultados e Discussão

3.1 Casca de *Eucalyptus nitens*

3.1.1 Aspecto geral

As árvores de *E. nitens* provenientes do arboreto do ISA apresentam uma casca acinzentada, por vezes levemente rugosa e persistente (Figura 5a-b). As árvores provenientes da Herdade Regada apresentam uma casca caduca, ligeiramente estriada, de cor castanho – acinzentada (Figura 6a-b).

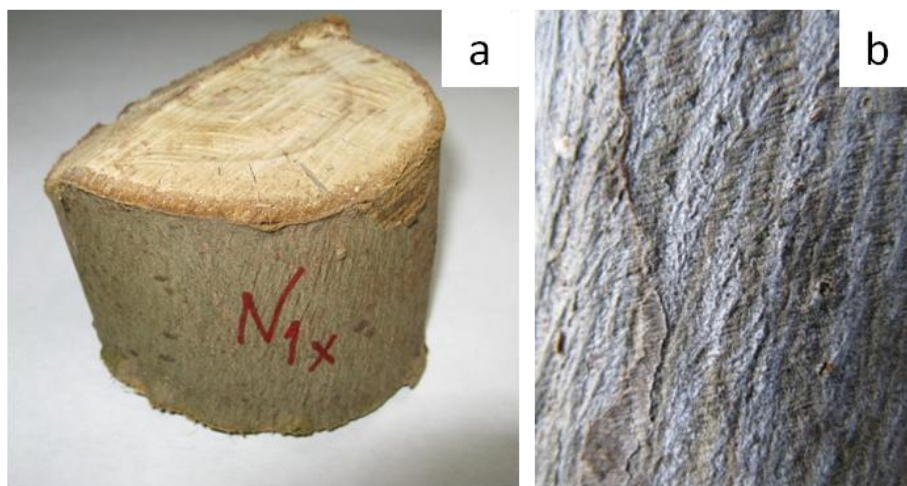


Figura 5 (a-b) - *Eucalyptus nitens* com 4 anos. a) aspecto geral da madeira e casca b) pormenor do ritidoma.

As árvores de *E. nitens* com 4 anos apresentaram uma espessura média de casca de 0,46 cm (0,4 – 0,53 cm), e nas árvores com 10 anos, em 2ª rotação a espessura da média da casca determinada foi de 1,68 cm variando entre 1,5 cm e 1,85 cm (Tabela 3). Verificou-se um aumento da espessura da casca com a idade da árvore.



Figura 6 (a-b) - *Eucalyptus nitens* com 10 anos em 2ª rotação. a) aspecto geral da casca, b) pormenor do ritidoma.

3.1.2 Caracterização microscópica

A casca de *E. nitens* é constituída por uma periderme e floema (floema não colapsado e floema colapsado), não se tendo observado a formação de um verdadeiro ritidoma. Nas árvores mais velhas observaram-se lentículas (Figura 7).

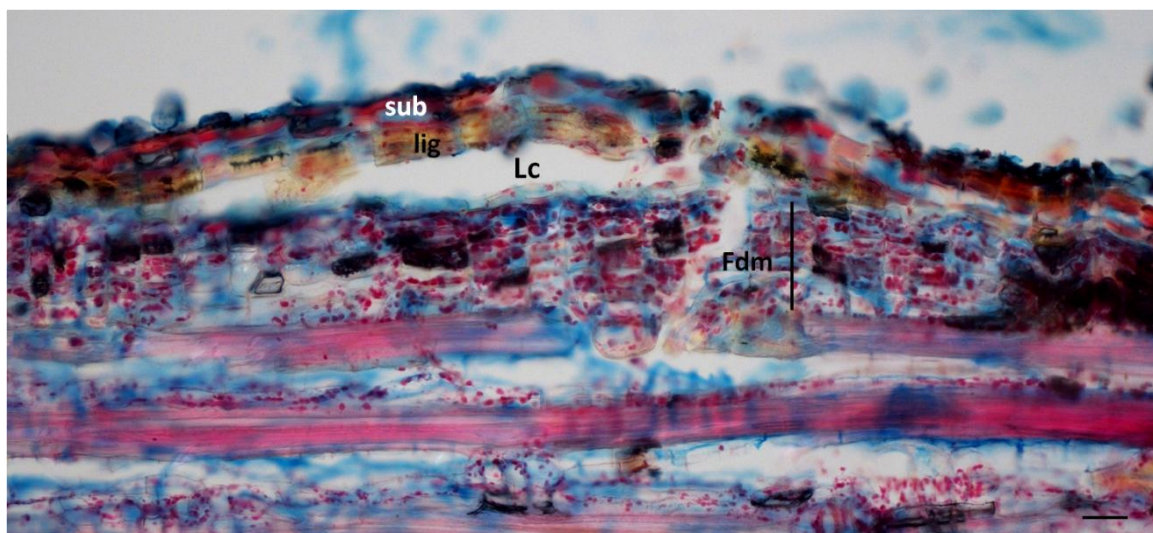


Figura 7 - Formação de uma lentícula (Lc) em *E. nitens* com 10 anos. Células suberificadas (sub) com espessamentos tangenciais e células lenhificadas (lig) do felema. Células de feloderme (Fdm) com pigmentos. Observação em secção radial. 100x. Barra = 50 µm.

A periderme apresenta um desenvolvimento contínuo e levemente sinuoso em torno do perímetro da árvore e é formada pelo felema, o felogénio e a feloderme. O felema é composto por células lenhificadas (felóides), 2 - 3 células por camada e células suberificadas com espessamentos tangenciais nas paredes internas e externas (1 célula / camada); sendo o grau de espessamento e o número destas células, sobretudo das lenhificadas, geralmente menor nas células de felema das árvores mais jovens e maior nas árvores mais velhas (Figura 8, Figura 9, Figura 10).

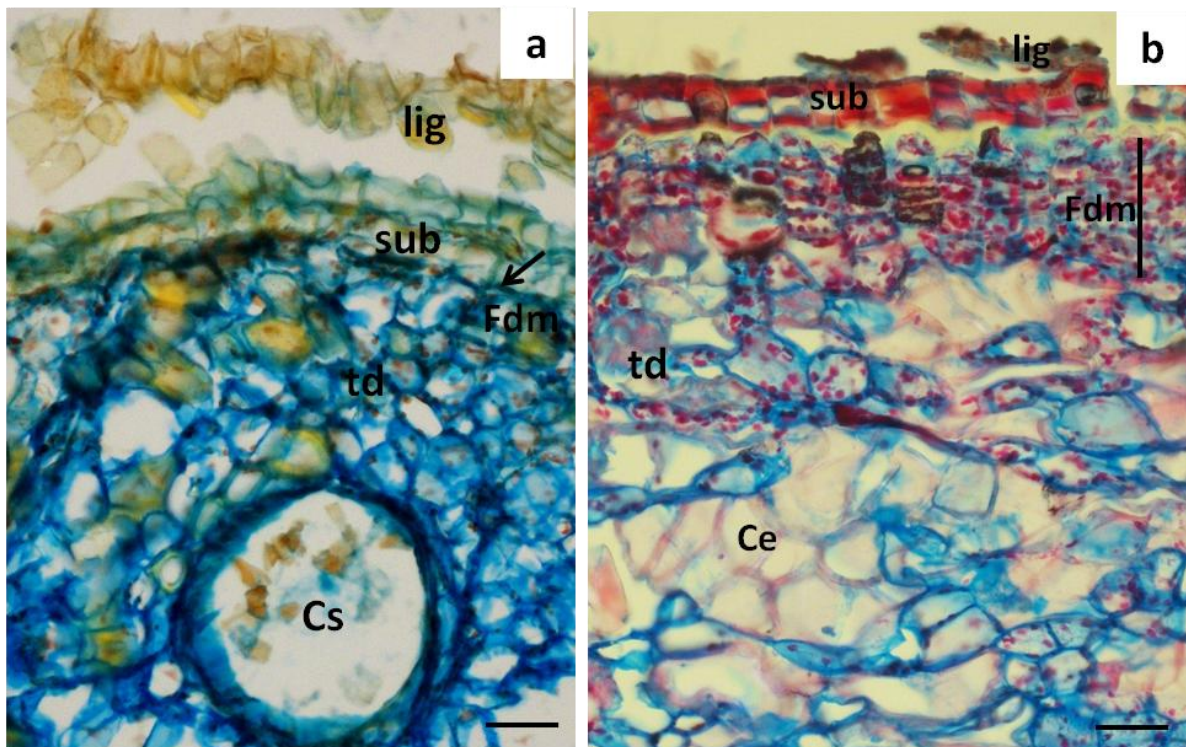


Figura 8 (a-b) – Secção transversal da casca de *E. nitens*. a) Árvore com 4 anos de idade. Periderme formada por felema composto por células lenhificadas (lig) e células suberificadas (sub), felogénio (seta) e feloderme composta por uma única camada de células. Cavidade secretora (Cs) no floema colapsado, junto à periderme associada a tecido de dilatação (td). b) Árvore com 10 anos de idade. Periderme formada por felema composto por células lenhificadas (lig) e células suberificadas (sub) e feloderme composta por várias camadas de células. Tecido de dilatação (td) e células expandidas (Ce). 100x. Barra = 50 µm.

A feloderme é formada por células semelhantes às de parênquima, alinhadas radialmente e com pigmentos; o número e espessamento destas células por camada variam com a idade da árvore: de 1 a 2 células menos espessadas nas árvores mais jovens e 3 a 5 células com maior espessamento nas árvores mais velhas (Figura 8, Figura 9, Figura 10). Foram observados depósitos de suberina entre as células de felema e a feloderme, com maior incidência em zonas de pequenas falhas da periderme (Figura 10).

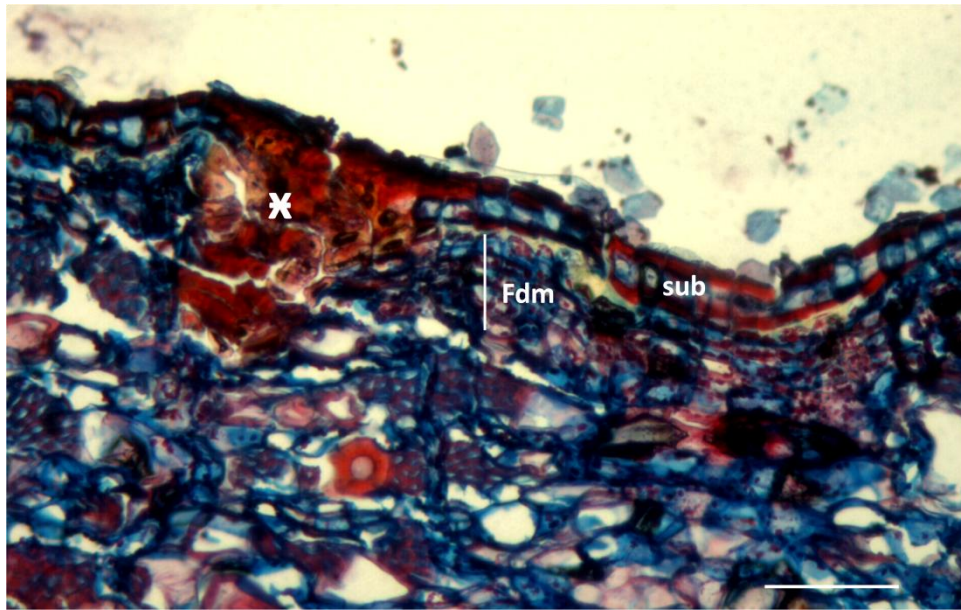


Figura 9 - Secção transversal da casca de *E. nitens* (árvore com 10 anos). Periderme com felema formado por células suberificadas (sub) com espessamentos tangenciais e células de feloderme (Fdm) com pigmentos. Tecido esclerificado isolado pela periderme (X) 100x. Barra = 100 μ m.

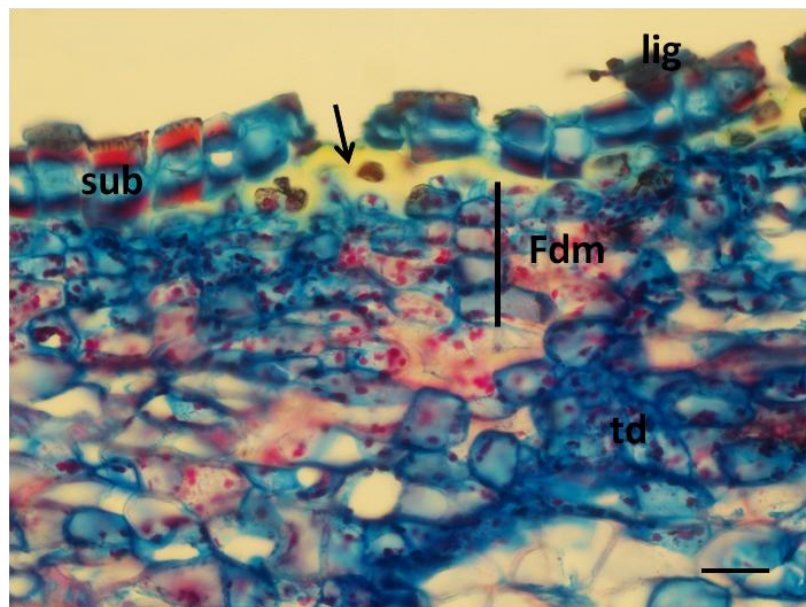


Figura 10 - Pormenor da periderme de *E. nitens* com 10 anos. Felema com células lenhificadas (lig) e suberificadas (sub) e feloderme com células dispostas radialmente com pigmentos. Tecido de dilatação com inclusões (td). Depósitos de suberina (seta). Observação em secção transversal 100x. Barra = 50 μ m.

A transição entre o floema não colapsado (Figura 11a) e o floema colapsado (Figura 11b) é gradual na maioria das árvores estudadas, embora em alguns casos seja mais ou menos abrupta; não se observou a formação de anéis de crescimento no floema.

O floema não colapsado é caracterizado por uma alternância tangencial de faixas de parênquima axial, elementos do tubo crivoso e feixes de fibras (Figura 11a).

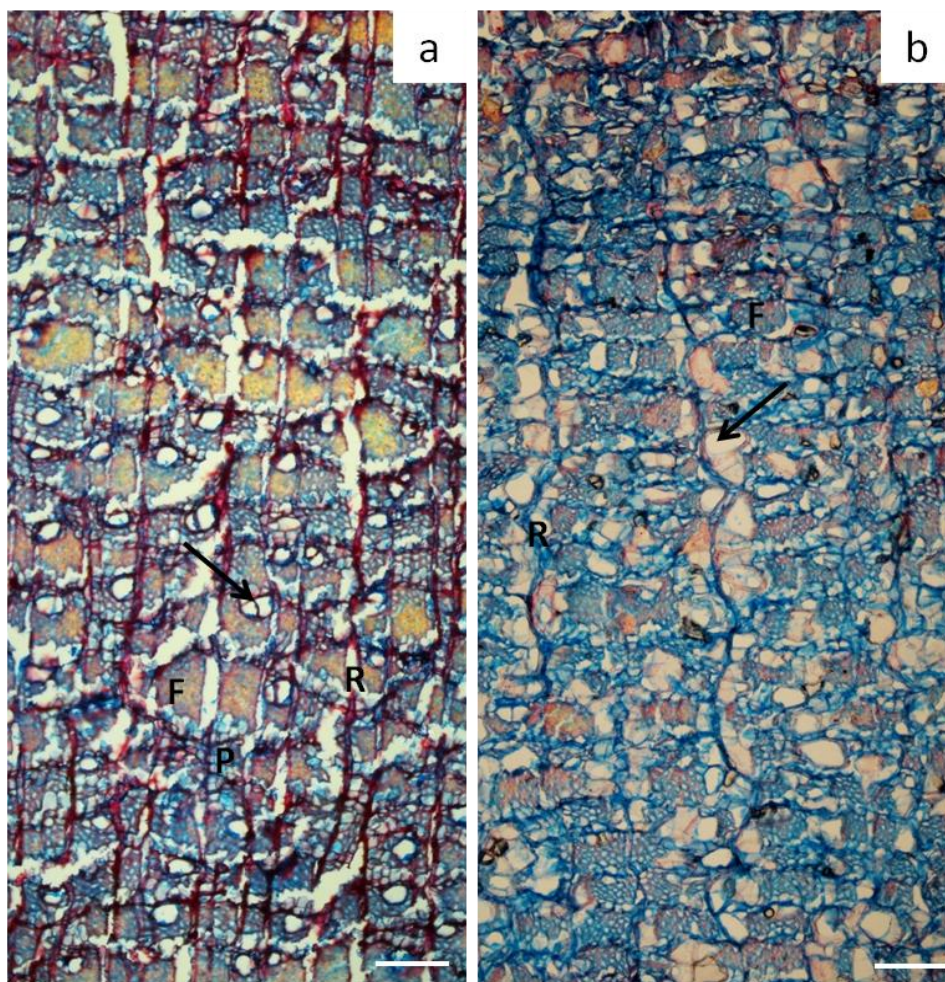


Figura 11 (a-b) - Secção transversal da casca de *E. nitens*. a) Aspecto geral do floema não colapsado. Alternância tangencial de faixas de parênquima axial (P), fibras (F) e elementos do tubo crivoso (seta), Raios (R). b) Aspecto geral do floema colapsado. Fibras (F), raios (R), células expandidas (seta). 40x. Barra = 125 µm.

As células de parênquima axial apresentam um formato irregular e formam camadas de 2 a 3 células dispostas tangencialmente (Figura 11a, Figura 12a), têm um diâmetro médio de 18,83 µm, variando entre 11,00 µm e 26,61 µm (Anexo II). Foi observada a presença de cristais de formato rectangular/ prismático geralmente 1 por célula formando séries cristalíferas ladeando os feixes de fibras.

Os elementos do tubo crivoso encontram-se dispersos, na maioria isolados ou em grupos de 2, raramente de 3 elementos. Observa-se a formação de complexos de junção visíveis tanto em secção transversal como nas secções longitudinais (Figura 11a, Figura 12, Figura 13a-c). As árvores mais velhas apresentam maior número de complexos de junção. Transversalmente os elementos do tubo crivoso apresentam forma circular a oval e são bem visíveis as células companheiras (1 a 2 associadas ao elemento do tubo crivoso) de formato triangular (Figura 12).

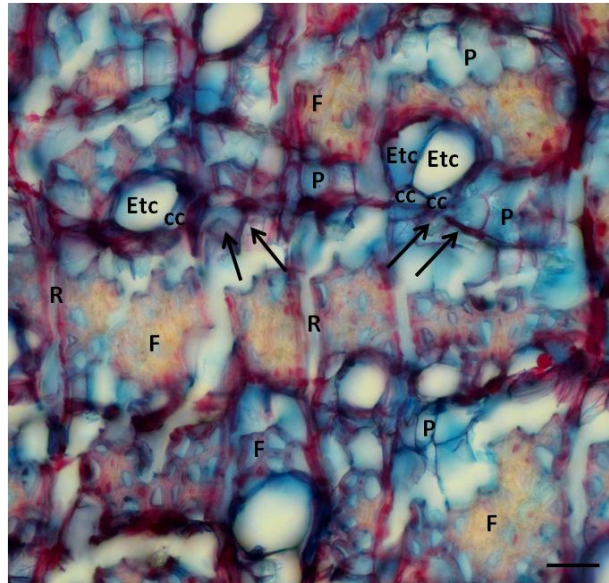


Figura 12 - Distribuição dos elementos do tubo crivoso (Etc), no floema não colapsado de *E. nitens*. Células companheiras (cc); fibras (F); parênquima axial (P), cristais (setas) e raios (R). 200x. Barra = 25 μ m. Observação em secção transversal.

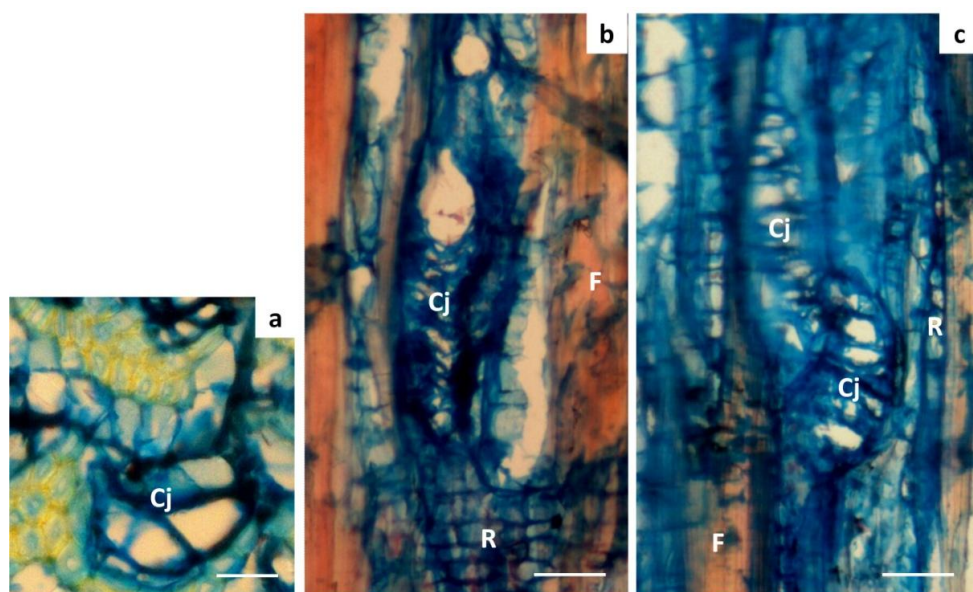


Figura 13 (a-c) - Formação de complexos de junção (Cj). a) Secção transversal. 200x. Barra = 25 μ m. b) Secção radial. c) Secção tangencial. Raios (R) e fibras (F) 100x. Barra = 50 μ m.

Os elementos do tubo crivoso comunicam entre si através de placas crivosas oblíquas, compostas por 9 a 15 áreas crivosas, com grande número de crivos (Figura 14, Figura 15), observadas em secção tangencial e nos elementos dissociados. São também visíveis as placas crivosas laterais (Figura 16).

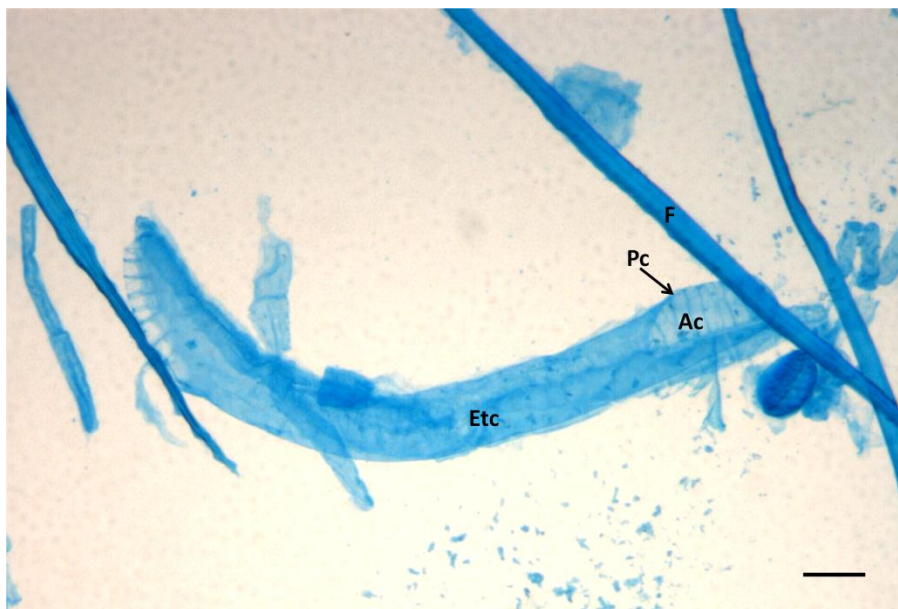


Figura 14 - Elemento de tubo crivoso (Etc) com placas crivosas oblíquas (Pc) compostas por 9 áreas crivosas (Ac) e fibras (F). Observação em elementos dissociados da casca de *E. nitens*. 100x. Barra = 100 μ m.

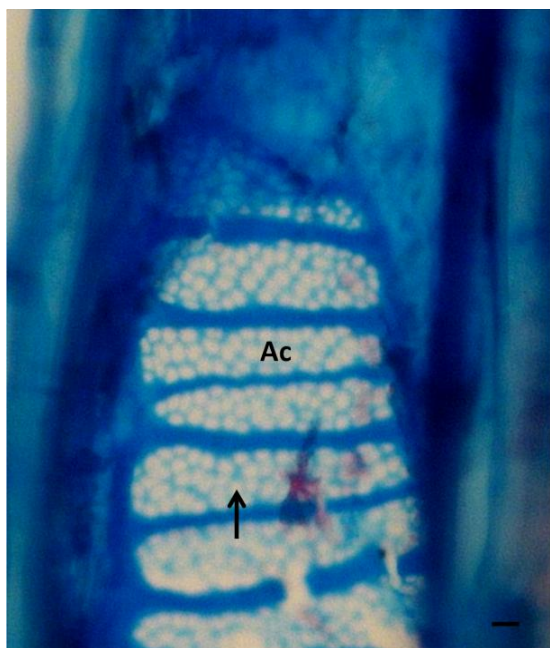


Figura 15 - Placa crivosa com áreas crivosas (Ac) com crivos abundantes (seta). Observação em secção tangencial. 200x. Barra = 25 μ m.

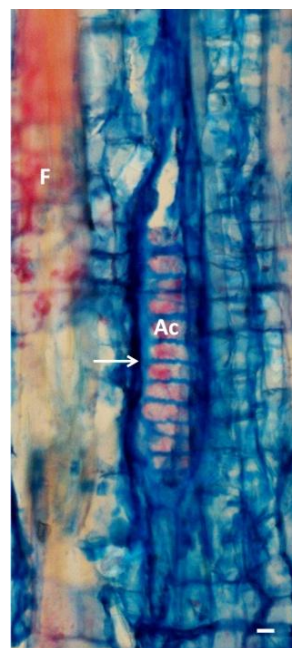


Figura 16 - Elemento de tubo crivoso (seta) com placas crivosas laterais (Ac). Observação em secção radial. 100x. Barra = 50 μ m.

As fibras formam feixes (± 4 a 6 células) dispostos tangencialmente em faixas que alternam com faixas de parênquima axial e elementos do tubo crivoso (Figura 11a, Figura 12). As fibras são fusiformes com pontuações abundantes, visíveis tanto nos cortes longitudinais (Figura 17) como nos elementos dissociados (Figura 19b) e apresentam valores médios de comprimento, largura e espessura de parede de 0,99 mm, 17,1 μm e 5,02 μm respectivamente.

Os raios têm um trajecto rectilíneo no floema não colapsado (Figura 11a). Na sua maioria são unisseriados (Figura 17b), embora ocasionalmente se observem raios com duas células em largura e são homocelulares compostos por células prostradas (Figura 17a). Os raios são formados por 5 a 14 células em altura.

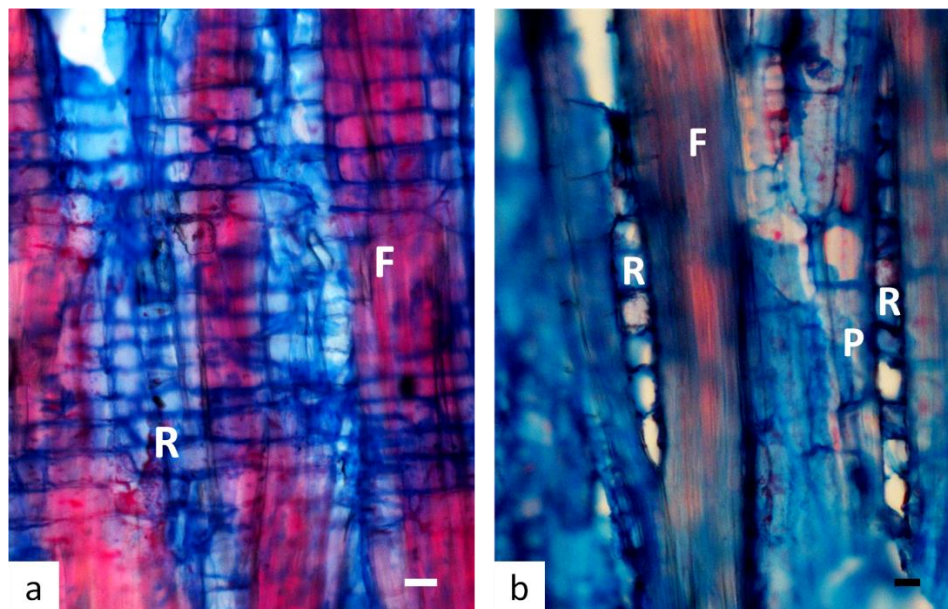


Figura 17 (a-b) – Floema de *E. nitens*. a) Secção radial. Raios (R) formados por células prostradas com inclusões; fibras (F). b) Secção tangencial. Raios unisseriados (R), fibras (F) e parênquima axial (P). 100x. Barra = 50 μm .

O floema colapsado é caracterizado pelo colapso dos elementos do tubo crivoso, pela distorção do trajecto dos raios e pela ocorrência de células expandidas de parênquima axial e radial e formação esclereídos (Figura 18a-b).

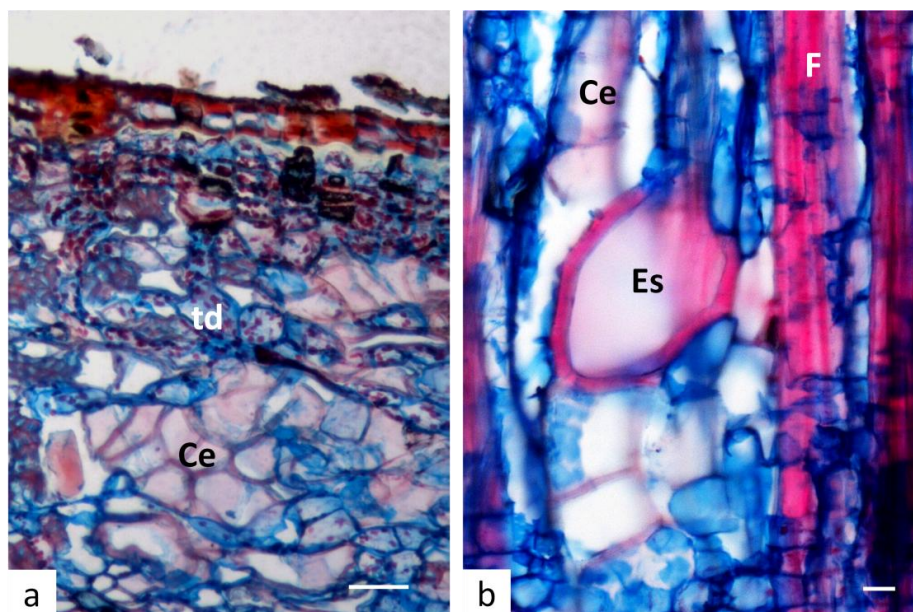


Figura 18 (a-b) – Floema colapsado de *E. nitens* com 10 anos. a) Formação de tecido de dilatação (td) e células de parênquima axial expandidas (Ce). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 μ m. b) Células de parênquima axial expandidas (Ce), esclereído (Es) e fibras (F). Observação em secção radial. 100x. Barra = 100 μ m.

As células de parênquima axial expandidas têm um formato irregular, encontram-se isoladas ou agrupadas (agrupamentos 2 - 4 células), neste caso com disposição difusa embora em alguns casos se situem junto aos raios. Estas células apresentam diâmetro médio de 47,23 μ m, variando entre 22,02 μ m e 91,03 μ m (Anexo II), são pontuadas e de paredes pouco espessas (Figura 18). O número de células de parênquima axial expandidas aumenta em direcção à região mais externa do floema colapsado e é também maior nas árvores mais velhas.

Na região mais externa do floema colapsado foram observados esclereídos que têm formato irregular, tamanho variável com pontuações abundantes e paredes espessas polilameladas (Figura 9, Figura 19a). Nos elementos dissociados da casca foram observados esclereídos fibriformes (Figura 19b).

No floema colapsado, os raios distorcem em direcção à periderme ao mesmo tempo que se observa a dilatação e divisão tangencial das células de parênquima radial (Figura 20).

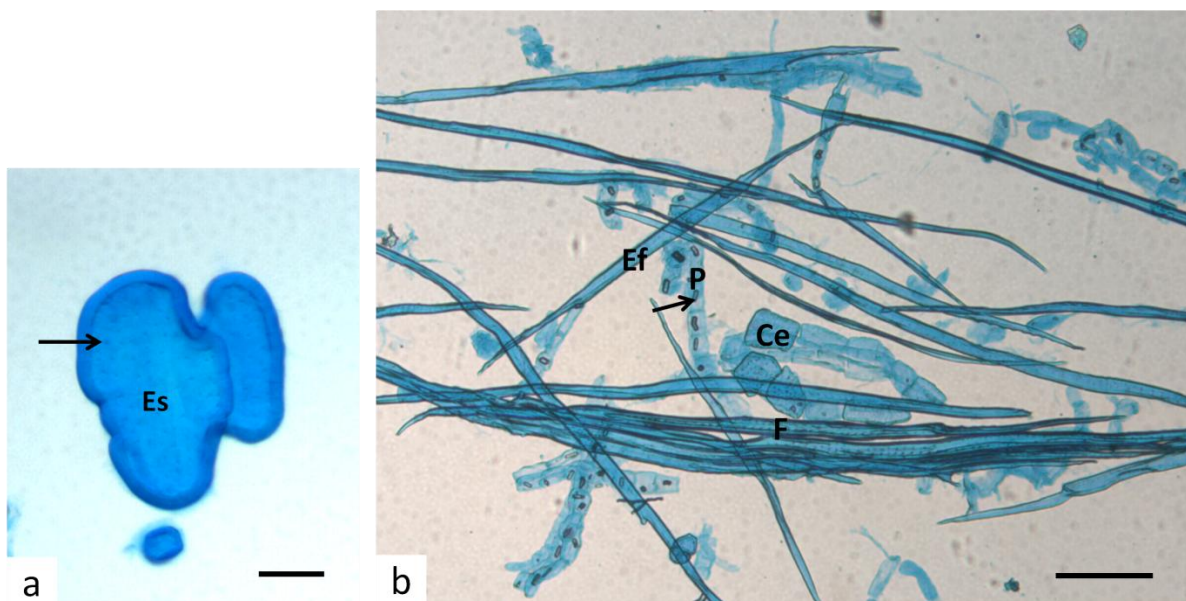


Figura 19 (a-b) – Elementos dissociados de *E. nitens*. a) Esclereído (Es) com pontuações abundantes (seta). 100x. Barra = 50 μ m. b) Esclereídos fibriformes (Ef), fibras com pontuações abundantes (F), células expandidas (Ce), células de parênquima (P) com cristais (seta). 50x. Barra = 300 μ m.

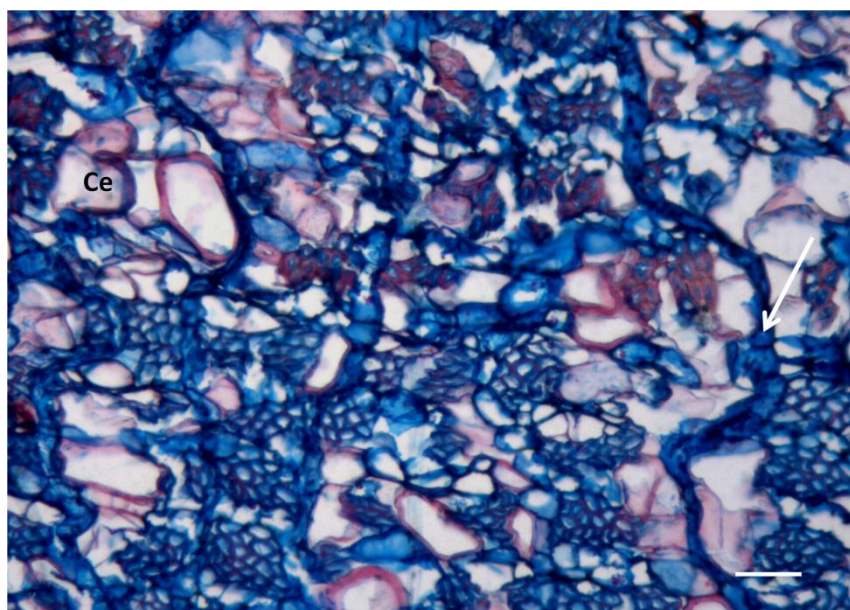


Figura 20 – Floema colapsado de *E. nitens*. Raio distorcido (seta) e células expandidas (Ce). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 μ m.

Foram observadas cavidades secretoras de formato circular a oval na região mais externa do floema colapsado, junto à periderme nas árvores mais jovens; estas cavidades secretoras têm uma disposição difusa, por vezes tangencial e estão associadas à formação

do tecido de dilatação que é proveniente da proliferação e expansão das células de parênquima radial (Figura 21).



Figura 21 – Aspectos estruturais do floema colapsado de *E. nitens* com 4 anos. Cavidades secretoras (seta) associadas a tecido de dilatação (td). Observação em secção transversal. 40x. Barra = 125 μ m.

Inclusões inorgânicas: foram observados cristais prismáticos nas células de parênquima axial expandidas e nos esclereídos e também nas células de parênquima axial, formando séries cristalíferas (Figura 19b, Figura 22).

Inclusões orgânicas: inclusões nas células de raio e nas células de parênquima expandidas e nas células da feloderme (Figura 10, Figura 17a, Figura 18a).

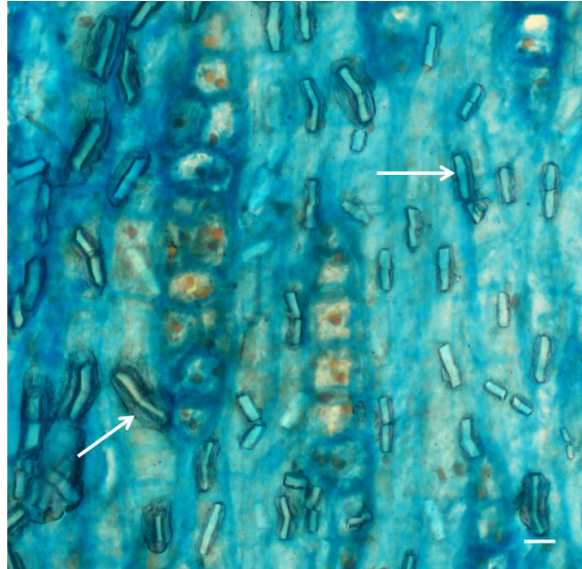


Figura 22 - Cristais nas células de parênquima axial (seta). Observação em secção tangencial. 200x. Barra = 50 μ m.

3.2 Casca de *Eucalyptus rudis*

3.2.1 Aspecto geral

A casca das árvores de *E. rudis* é persistente, acinzentada, lisa, por vezes com alguma rugosidade e fendida em pequenas placas (Figura 23a-b).

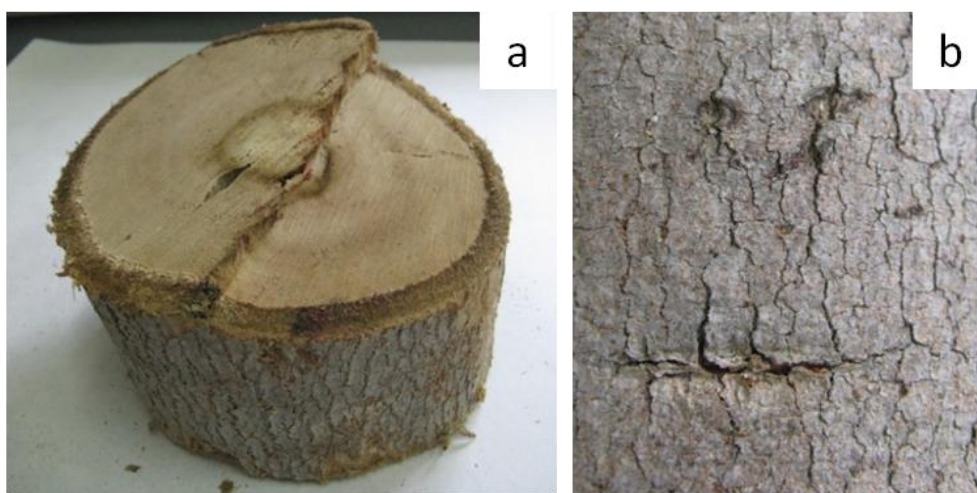


Figura 23 (a-b) - *Eucalyptus rudis* com 4 anos. a) aspecto geral da madeira e casca b) pormenor do ritidoma.

Nas árvores analisadas, a espessura média da casca determinada foi de 0,60 cm, variando entre 0,4 cm e 0,68 cm (Tabela 3) tendo-se verificado um aumento da espessura da casca com o diâmetro da árvore.

3.2.2 Caracterização microscópica

A casca inclui o ritidoma a periderme e o floema (floema não colapsado e floema colapsado). Na maioria das amostras analisadas o ritidoma é pouco desenvolvido, incluindo apenas restos de periderme e algum tecido de floema isolado pela última periderme formada. (Figura 24).

A periderme tem um desenvolvimento contínuo e sinuoso à volta do caule e inclui o felema, o felogénio e a feloderme. A camada de felema é formada por dois tipos de células que alternam em número variável e sequencialmente: as células suberificadas tangencialmente

quer na parede interior quer na exterior e as células felóides lenhificadas em ferradura. A camada de feloderme é formada por células semelhantes às de parênquima dispondo-se radialmente e variando entre 1- (2) - 4 células / camada; são células pouco espessadas (Figura 24). O felogénio é difícil de observar.

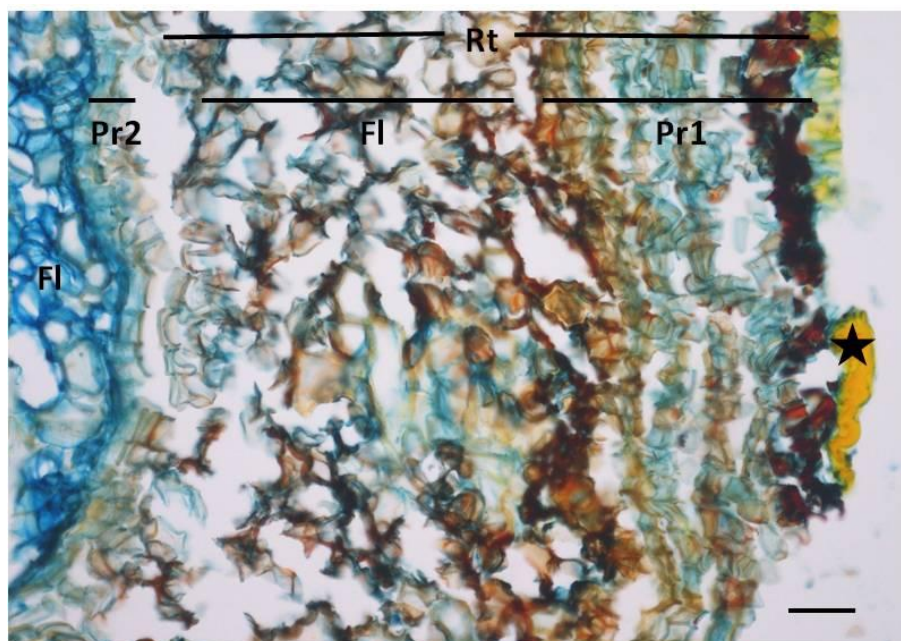


Figura 24 - Casca de *Eucalyptus rudis*. Ritidoma (Rt) incluindo o tecido de floema (Fl) e a periderme antiga (Pr1) isolados pela periderme mais recente (Pr2); depósito de suberina (★); na camada Pr1 a diferença de cor permite distinguir a alternância de células suberificadas (claras) com as células lenhificada (escuras). Observação em secção radial. 100x. Barra = 50 µm.

Não foram observadas camadas de crescimento no floema e a transição entre floema não colapsado e floema colapsado é geralmente gradual sendo nítida a distinção entre as duas zonas.

O floema não colapsado, junto ao câmbio vascular, corresponde a aproximadamente 1/3 do total da casca e é bastante uniforme caracterizando-se por uma alternância de faixas de parênquima axial, elementos do tubo crivoso e feixes de fibras com disposição tangencial (Figura 25).

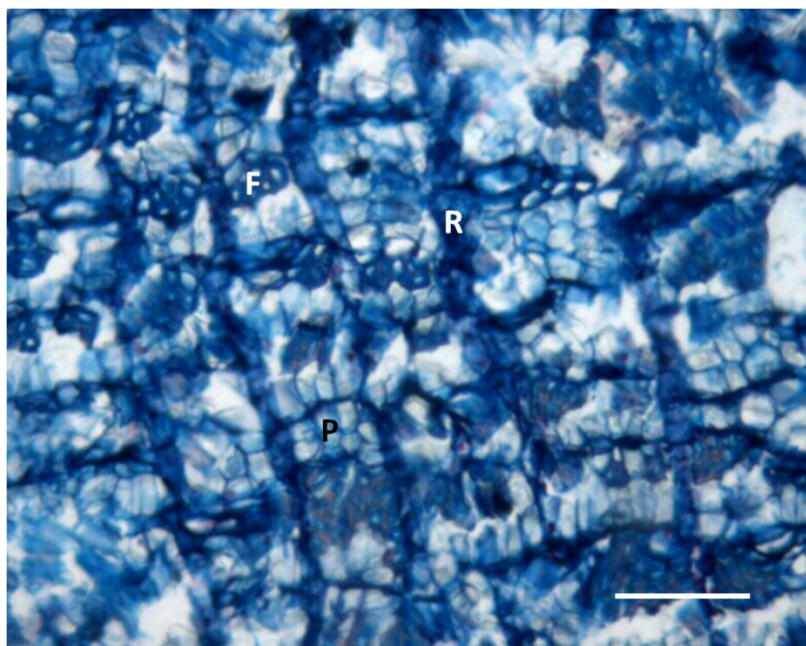


Figura 25 - Aspecto geral do floema não colapsado, observado em secção transversal. Alternância tangencial de faixas de parênquima axial (P), fibras (F), Raios (R). Barra = 50 μ m.

As células de parênquima axial, de parede pouco espessa e de formato irregular têm tamanho variável e dispõem-se em camadas tangenciais (Figura 25) de largura variável (2 a 3 células em largura), apresentam um diâmetro médio de 16,96 μ m, variando entre 8,70 – 27,81 μ m (Anexo II). É possível observar a presença de inúmeros cristais presumivelmente de oxalato de cálcio, 1 cristal /célula de formato rectangular/ prismático, em série cristalíferas ladeando os feixes de fibras (Figura 29, Figura 30).

Os elementos do tubo crivoso observados em secção transversal apresentam um formato circular a oval com células companheiras dificilmente visíveis e na sua maioria isolados (Figura 25); em algumas amostras é identificada a formação de complexos de junção entre dois elementos de tubo crivoso, visíveis em secção transversal (Figura 26) e nas secções longitudinais (Figura 27).

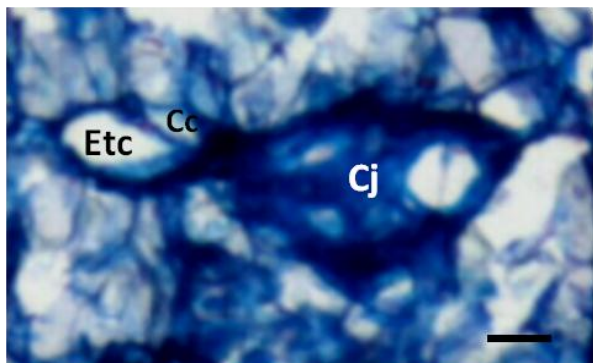


Figura 26 - Presença de complexos de junção (Cj) entre os elementos de tubo crivoso (Etc) da casca de *E. rudis*, células companheiras (Cc). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 25 μ m.

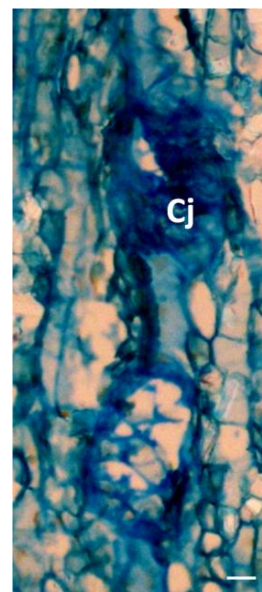


Figura 27 - Formação de complexos de junção (Cj). Observação em secção tangencial. 100x. Barra = 50 μ m.

A comunicação entre os elementos do tubo crivoso é feita através de placas crivosas oblíquas, compostas por 7 a 12 áreas crivosas (Figura 28), com crivos abundantes, observadas em secção tangencial e nos elementos dissociados. São também visíveis placas crivosas laterais (Figura 29).

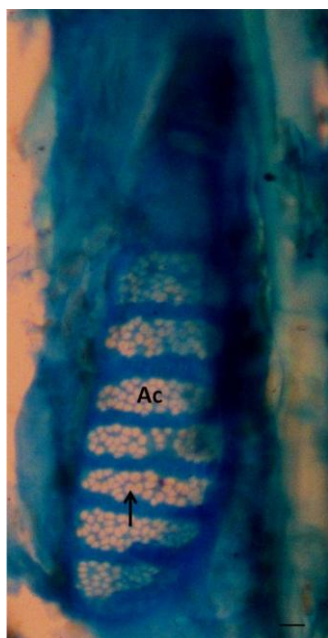


Figura 28 - Placa crivosa com áreas crivosas (Ac) com crivos abundantes (seta) observada em secção tangencial. 200x. Barra = 25 μ m.

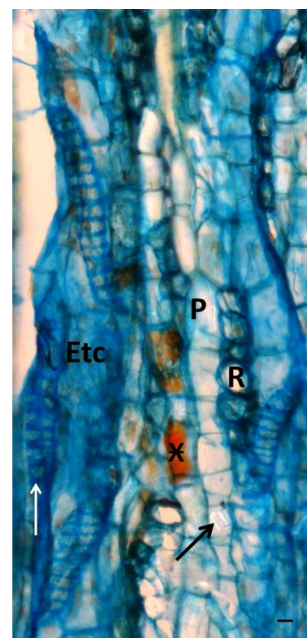


Figura 29 - Elemento de tubo crivoso (Etc) com placas crivosas oblíquas e placas laterais (seta branca), observado em secção tangencial. Raio (R), parênquima axial (P), com cristais (seta preta) e células de parênquima axial com conteúdo (X). 100x. Barra = 50 μ m.

As fibras formam feixes (4 a 7 células) dispostos em faixas tangenciais mais ou menos contínuas, intercaladas com parênquima axial e elementos do tubo crivoso (Figura 25). As fibras têm formato fusiforme e apresentam pontuações abundantes e bem visíveis dada a sua dimensão, sendo observadas quer nos cortes longitudinais (Figura 30) quer nos elementos dissociados (Figura 34).

Os raios apresentam um trajecto sensivelmente rectilíneo, são unisseriados (Figura 29) e formados por células prostradas e por vezes quadradas nas margens (Figura 30), variando entre 3 - 16 células em altura.

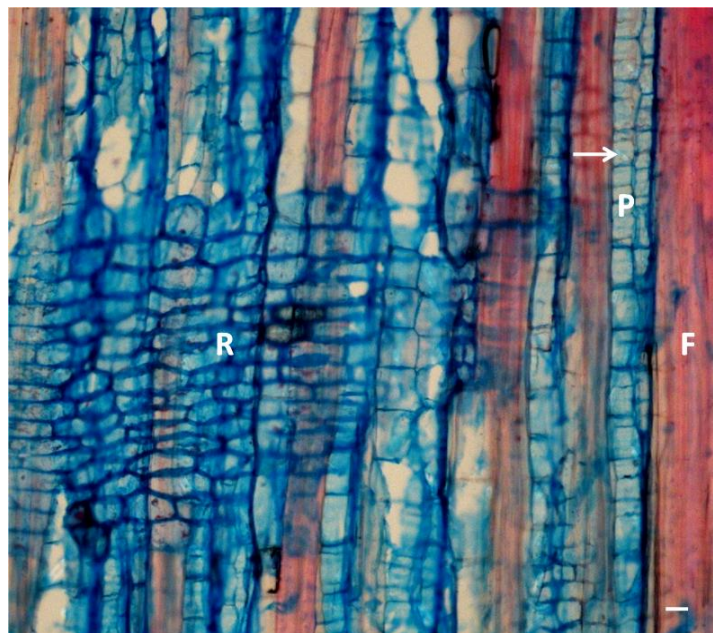


Figura 30 - Raio (R) formado por células prostradas, por vezes quadradas nas margens; fibras (F); parênquima axial (P) com cristais (seta). Observação em secção radial. 100x. Barra = 50 μ m.

O floema colapsado é caracterizado pelo colapso dos elementos do tubo crivoso, grande distorção dos raios e alterações nas células de parênquima, sobretudo as de parênquima axial que se expandem e se dividem axial e radialmente e pela formação de alguns esclereídos.

No início do floema colapsado foi observada a presença de células de parênquima axial expandidas e maioritariamente agrupadas (grupos de 2 a 4 células) ocupando o espaço entre os raios e interrompendo as faixas tangenciais das fibras; as células expandidas são muito pontuadas, têm formato irregular com tendência a distender tangencialmente e têm parede pouco espessa (Figura 31).

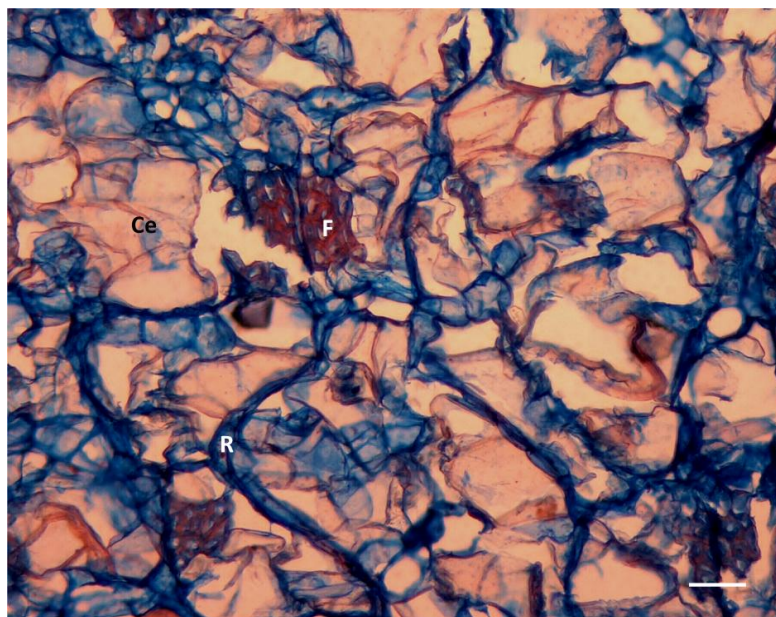


Figura 31 - Floema colapsado de *E. rudis*. Células de parênquima axial expandidas (Ce); fibras (F) e visível distorção do trajecto dos raios (R). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 μ m

Ao longo do floema colapsado observa-se um aumento gradual das células de parênquima axial expandidas que apresentam um diâmetro médio de 54,20 μ m, variando entre 30,33 μ m e 98,53 μ m (Anexo II); na porção mais externa, próximo da periderme, estas células dividem-se e expandem formando enormes aglomerados de células que ocupam grande parte desta área de floema; apesar do aumento em número e dimensão, as células mantêm-se na maioria pouco espessadas mas algumas já com alguma lenhificação (Figura 32). Não foram observadas cavidades secretoras.

Os esclereídos têm forma e tamanho variável; têm parede espessa, polilamelada e esclerificada e apresentam pontuações abundantes (Figura 33); estas células ocorrem sobretudo na porção mais externa do floema, próximo da periderme, mas na maioria das amostras são pouco abundantes.

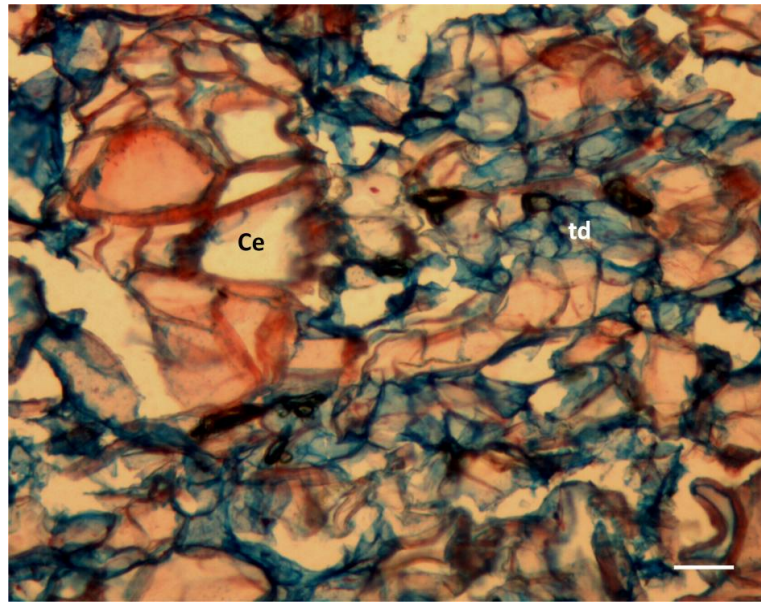


Figura 32 - Aglomerados de células de parênquima axial expandidas (Ce) com diversos graus de lenhificação e formação de tecido de dilatação (td) através da divisão das células de parênquima radial. Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 μ m.

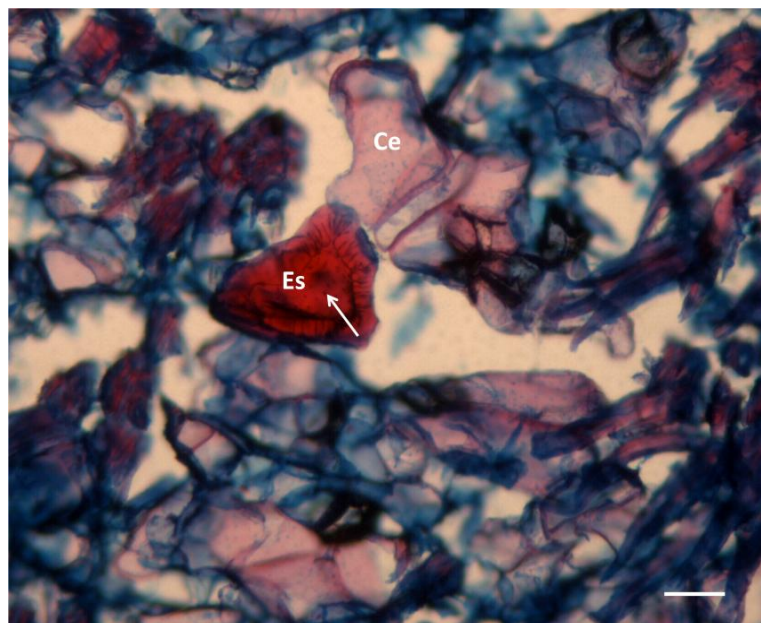


Figura 33 - Esclereído (Es) com pontuações (seta), evidenciando-se a parede polilamelada e células expandidas (Ce). Observação em secção transversal. 100x. Barra = 50 μ m.

A partir da observação dos elementos dissociados da casca foi possível identificar a presença de esclereídeos fibriformes; estas células são morfológicamente semelhantes às fibras, com paredes espessas e pontuadas e com terminações alongadas, mas com o corpo principal mais curto, por vezes semelhante às células de parênquima (Figura 34).

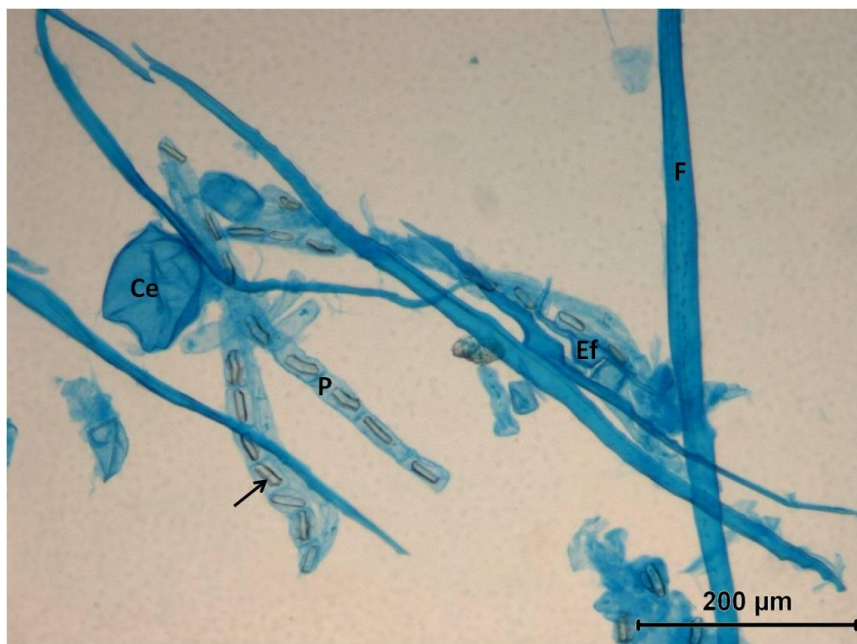


Figura 34 – Esclereídos fibriformes (Ef), fibras (F) com pontuações abundantes, células expandidas (Ce), células de parênquima (P) com cristais (seta). 100x.

Os raios, ao contrário do que acontece no floema não colapsado, em que apresentam um trajecto rectilíneo, no floema colapsado apresentam uma grande distorção no seu trajecto, sendo esta distorção cada vez maior em direcção à periderme (Figura 31). Não foi observada grande dilatação das células de parênquima radial, no entanto as células dos raios dividem-se tangencialmente, causando a formação de um tecido de dilatação que é abundante sobretudo na zona de floema situada abaixo da periderme (Figura 32).

Inclusões inorgânicas: para além dos inúmeros cristais prismáticos existentes nas células de parênquima axial, em séries cristalíferas já assinaladas (Figura 34), observaram-se também cristais nas células de parênquima axial expandidas e nos esclereídos.

Inclusões orgânicas: inclusões de taninos nas células de raio e nas células de parênquima expandidas (Figura 29, Figura 32).

3.3 Comparação entre a casca de *E. nitens* e *E. rudis*

O estudo comparativo entre a morfologia externa da casca de *E. nitens* e *E. rudis* permitiu diferenciar as duas espécies sobretudo pela textura e desenho esculpido (levemente rugosa e estriado em *E. nitens* com 4 e 10 anos e fendido em pequenas placas em *E. rudis*), aspectos com grande valor taxonómico (Foelkel, 2005; Evert et al., 2006) e que resultam dos tecidos presentes na casca e do modo como se separam da árvore.

O *E. nitens* (“Shining Gum”) e *E. rudis* (“Swamp Gum”) descritos em Boland et al. (1999) fazem parte do grupo de eucaliptos “Gum” (Goes, 1985); em nenhuma das espécies se observou um ritidoma desenvolvido, nem mesmo nas árvores mais velhas de *E. nitens*, e isso deve-se ao facto dos tecidos serem removidos não se mantendo por muito tempo na árvore, semelhante ao que acontece no *E. globulus* (Quilhó et al., 1999). A periderme de *E. nitens* nas árvores mais velhas apresenta uma estrutura muito semelhante à descrita por Quilhó et al. (1999) em *E. globulus* no que refere ao tipo de células, ocorrência de pigmentos na feloderme e variação de estrutura com a idade da árvore; nas árvores mais jovens de *E. nitens* observou-se um menor espessamento das células de felema e um menor número das células de feloderme.

Pequenas porções de ritidoma foram observadas em *E. rudis* com restos de periderme e alguns tecidos de floema mortos isolados pela periderme mais recente. O ritidoma observado nas amostras incluiu uma periderme exterior formada por camadas alternas de células suberificadas e células pouco lenhificadas de felema e tecido do floema de tipo cortical; a formação das pequenas placas na região externa da casca poderá ser explicada por fendas em pontos mais frágeis como são as células pouco espessadas, aspecto descrito em outras espécies do género por Chattaway (1953). A periderme de *E. rudis* com 4 anos de idade mostrou células pouco espessadas e uma feloderme reduzida, provavelmente dada a idade jovem das árvores.

No floema das árvores analisadas a área ocupada pelo floema não colapsado relativamente à área total da casca foi reduzida, característica também mencionada por Roth (1981) em muitas das espécies estudadas e concordante com as observações de Alfonso (1987) e Quilhó et al. (1995) no género *Eucalyptus* e Pirralho et al. (2013) em árvores do mesmo género e idade semelhante às árvores estudadas.

O floema não colapsado revelou uma estrutura e organização dos tecidos, semelhante em ambas as espécies, não permitindo diferenciá-las. A alternância de faixas tangenciais de parênquima axial, elementos do tubo crivoso e feixes de fibras é uma característica

assinalada nas 21 espécies de *Eucalyptus* estudadas por Alfonso (1987); assim como em *E. globulus* (Santos, 1998; Quilhó et al., 1999; Eyles et al., 2004) em *E. smithii* (Fabrowski et al., 2003), em árvores jovens analisadas por Chattaway (1952) e Pirralho et al. (2013), assim como noutros géneros da família *Myrtaceae* (Soffiatti et al., 1999).

Muitas das características anatómicas descritas no floema não colapsado de *E. nitens* e *E. rudis* estão descritas para outras espécies do mesmo género (Chattaway, 1953, 1955b, 1955c; Alfonso, 1987) ou da família *Myrtaceae* (Roth, 1981; Van Wyk, 1985; Rocha et al., 2008), destacando-se pelo valor evolutivo e de diagnóstico as seguintes:

- Elementos de tubo crivosos de tipo mais primitivo (Zahur, 1959; Esau, 1977) por comunicarem por placas oblíquas compostas por um número elevado de áreas crivosas; por exemplo em *E. globulus*, placas com 6 a 25 áreas crivosas (Alfonso, 1987), 8 a 10 áreas (Barreiro, 1995), 7 a 15 áreas (Quilhó et al., 1999) e em *E. smithii* até 18 áreas crivosas (Fabrowski et al., 2003); a ocorrência de placas crivosas laterais foi também observada em *E. globulus* por (Quilhó et al., 1999) ou no género *Eugenia* (Van Wyk, 1985) da família *Myrtaceae*.
- A formação de complexos de junção entre elementos do tubo crivoso observada nas árvores estudadas é uma característica referida por Tippet et al. (1984) e assinalada na casca de *E. marginata* e *E. calophylla* por Barreiro (1995), em *E. globulus* (Quilhó et al., 1999) e em *E. smithii* (Fabrowski et al., 2003). Os complexos de junção formam-se através da diferenciação das células de parênquima axial existentes entre os elementos do tubo crivoso e possibilitam o aumento da capacidade de condução dos mesmos (Hillis et al., 1990). Estas estruturas não foram descritas por Chattaway (1953) nem por Alfonso (1987) quando estudam a casca do género *Eucalyptus*.
- O número e arranjo das células companheiras é uma característica considerada com valor evolutivo (Esau, 1977) sendo a presença de uma única célula companheira por elemento do tubo crivoso sinónimo de carácter primitivo (Esau et al., 1984). Nas espécies estudadas e em conformidade com observações feitas por Alfonso (1987) e Santos (1998) para o género *Eucalyptus* é evidenciado o baixo grau evolutivo das espécies pela presença de 1 a 2 células companheiras por elemento de tubo crivoso em *E. nitens* e *E. rudis*.
- As fibras são geralmente consideradas com importância taxonómica, nomeadamente no que respeita à sua distribuição e arranjo no floema (Roth, 1981); a ocorrência de fibras com abundantes pontuações e em feixes com uma disposição tangencial

observadas nas espécies estudadas são também assinaladas por Alfonso (1987) e Quilhó et al. (1999).

- A forma, a distribuição e conteúdo das células de parênquima podem ter grande importância de diagnóstico na identificação de espécies (Roth, 1981; Rocha et al., 2008). Nas árvores estudadas observaram-se faixas tangenciais de parênquima axial com 2 a 3 células independentemente da espécie considerada ou da idade; seria expectável um aumento do número de células por camada nas árvores mais velhas de *E. nitens* à semelhança de observações feitas por Quilhó et al. (1999) em *E. globulus* e por Zahur (1959) em várias dicotiledóneas, que referem uma variação do número de células de parênquima axial por camada com a idade da árvore.
- Segundo Van Wyk (1985), a formação dos raios é uniforme na família *Myrtaceae*, apresentando poucas características de diagnóstico. O trajecto rectilíneo dos raios no floema não colapsado, a largura (maioritariamente unisseriados em ambas as espécies) e a sua composição maioritariamente homocelulares de células prostradas, são características comuns às espécies do género *Eucalyptus*. (Alfonso, 1987; Quilhó et al., 1995; Santos, 1998; Fabrowski et al., 2003).

A ausência de anéis de crescimento no floema de *E. nitens* e *E. rudis* e a transição gradual do floema não colapsado para o floema colapsado observada são dois aspectos igualmente assinalados para a maioria dos eucaliptos (Alfonso, 1987; Quilhó et al., 1999). No entanto a transição mais abrupta, verificada em algumas das amostras de *E. nitens* é também mencionada por Alfonso (1987) em *E. citriodora* e em algumas amostras de *E. maculata* e *E. urophylla*.

O floema colapsado tem uma estrutura desorganizada caracterizada por alterações de tecidos resultantes da adaptação da árvore ao crescimento secundário (Dickison, 2000; Foelkel, 2005; Evert et al., 2006) e que constituem o tecido de dilatação (Richter et al., 1996).

Nas amostras observadas de casca de *E. nitens* e *E. rudis* o tecido de dilatação forma-se pela expansão e divisão das células de parênquima axial e proliferação de células do raio; as células designadas por células expandidas de “tipo intermédio” por Richter et al. (1996) têm um formato irregular e paredes de espessura variável (Chattaway, 1955b; Hillis et al., 1990; Quilhó et al., 1999) e são frequentemente descritas noutros eucaliptos por exemplo em *E. maculata*, *E. aspera*, *E. torrelliana*, (Chattaway, 1955b), nas espécies estudadas por Alfonso (1987), assim como noutros géneros (Richter, 1981, 1985); Machado et al., 2005;

Şen, et al., 2011; Quilhó, et al., 2013). Em *E. nitens* e *E. rudis* não se observou a formação de raios dilatados como por exemplo em *E. globulus* com 15 anos de idade (Quilhó et al., 1999). A ausência de raios dilatados nestas espécies pode estar relacionada com a própria espécie, ou poder ser justificada pela idade jovem das árvores onde a percentagem de células de parênquima expandidas existente é grande, em detrimento do tecido dos raios. Esta observação corrobora observações feitas por Pirralho et al. (2013) em árvores de *E. viminalis* e *E. sideroxylon* de igual idade, onde não se formaram também os raios dilatados.

A análise comparativa entre a casca de *E. nitens* e *E. rudis* permitiu ainda verificar que a distribuição das células de parênquima axial expandidas difere nas espécies estudadas podendo ter algum valor diagnóstico: disposição dispersa em *E. nitens* e junto aos raios dispondo-se radialmente em *E. rudis*; Alfonso (1987) refere uma distribuição geralmente difusa destas células nas espécies estudadas, assinalando células de parênquima axial expandidas dispostas radialmente em *E. maculata* e *E. punctata* e disposição diagonal em *E. citriodora*, *E. propinqua*, *E. alba* (Assis) e *E. urophylla*.

Nas árvores mais velhas de *E. nitens* observou-se maior quantidade de tecido de dilatação relativamente às árvores mais jovens; adicionalmente em *E. nitens* e *E. rudis* verificou-se um aumento progressivo de células de parênquima expandidas em direcção à periderme independentemente da idade da árvore; estas observações confirmam a relação do aparecimento e a quantidade destas células com a idade da árvore (Trockenbrodt, 1991; Quilhó et al., 1999; Şen et al., 2011).

As células de parênquima expandidas podem desenvolver paredes secundárias lenhificadas com pontuações abundantes e quando completam o seu crescimento esclerificar, originando os esclereídos e os esclereídos fibriformes (Esau, 1977; Evert et al., 2006); estas células conferem rigidez à casca (Foelkel, 2005; Quilhó et al., 2013). Os esclereídos foram observados em *E. grandis*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. camaldulensis*, *E. alba* (São Paulo), *E. cloeziana*, *E. pilularis*, *E. crebra* e *E. siderophloia* (Alfonso, 1987); *E. regnans* (Hillis et al., 1990); *E. globulus*, (Hillis et al., 1990; Quilhó et al., 1999), *E. macorrhyncha*, *E. papuana*, *E. albergiana*, *E. dichromophloia* (Chattaway, 1955a, 1955b) e *E. smithii* (Fabrowski, et al., 2003). A ocorrência dos esclereídos está na maioria das vezes associada com a idade da árvore (Trockenbrodt, 1991; Quilhó et al., 1999) o que poderá justificar o reduzido número observado nas árvores jovens analisadas; as diferenças expectáveis entre árvores de 4 e 10 anos de *E. nitens* não foram observadas, provavelmente devido à amostragem necessitando no futuro a observação de um maior número de árvores para melhor aferir do seu valor para a identificação e separação das espécies.

No presente trabalho a presença de cavidades secretoras associadas à formação do tecido de dilatação, na região mais externa do floema colapsado de árvores jovens de *E. nitens* constituiu uma das principais distinções entre espécies estudadas. Esta característica não foi observada em nenhuma árvore de *E. rudis*. A ocorrência de glândulas é uma das características usada por Alfonso (1987) para a separação de espécies, estando esta associada a uma pronunciada proliferação de raios de floema quer em espécies de *Eucalyptus* com ritidoma decíduo, semidecíduo ou persistente tendo sido encontrada apenas em *E. dunnii* entre as 21 espécies estudadas. As estruturas secretoras em *E. nitens* são descritas por Chattaway (1955a) e por Carr et al. (1969) em árvores jovens e também em outras espécies do mesmo género (Alfonso, 1987; Hillis et al., 1990; Santos, 1998; Fabrowski et al., 2003; Eyles et al., 2004), em grande maioria do grupo Globulares (Chattaway, 1955a).

Em todas as árvores estudadas foi observada a presença abundante de cristais nas células de parênquima axial, formando séries cristalíferas à semelhança de outras espécies de *Eucalyptus* (Alfonso, 1987; Quilhó et al., 1999; Fabrowski et al., 2003) assim como nas células expandidas e esclereídos. A presença de cristais é comum no floema das angiospémicas (Zahur, 1959; Roth, 1981; Şen et al., 2011; Quilhó et al., 2013; Baptista et al., 2013) conferindo rigidez e protecção à casca (Aoyama et al., 2012). Embora na família *Myrtaceae*, o tipo de cristais, a quantidade e local de aparecimento tenham normalmente considerável valor de diagnóstico (Bamber, 1962; Van Wyk, 1985), neste trabalho não foi possível diferenciar as espécies *E. nitens* e *E. rudis* pelos cristais à semelhança de observações de Trockenbrodt (1995) que considera com pouco baixo valor de diagnóstico a abundância e tamanho dos cristais nas espécies que estudou.

Como principais características diferenciadoras da casca de *E. nitens* e *E. rudis* destacam-se a organização e tipo de células da periderme e o desenvolvimento de cavidades secretoras associadas a extensas zonas de proliferação de células do raio em *E. nitens*.

Pela observação das características anatómicas da casca foi possível verificar a grande semelhança entre *E. nitens*, *E. globulus* (Quilhó et al., 1999) e *E. dunnii*, (Alfonso, 1987), aliás árvores com semelhante morfologia externa e semelhante forma de remoção de ritidoma da árvore em fita (Boland et al., 1999).

3.4 Espessura da casca de *E. nitens* e *E. rudis*

Foi determinada a espessura da casca para cada árvore (Tabela 3) e verificou-se que os valores médios de espessura de casca são de 0,46 cm e 1,68 cm para *E. nitens* respectivamente com 4 e 10 anos de idade e de 0,6 cm para *E. rudis* estão dentro da variação indicada para o género *Eucalyptus* (Pereira et al., 2010) e confirmam o aumento da espessura da casca com a idade (Trockenbrodt, 1994; Quilhó et al., 2001).

3.5 Dimensão das fibras da casca de *E. nitens* e *E. rudis*

Nas Tabelas 1 a 10 do Anexo III, são apresentados os valores de comprimento, largura e espessura da parede das fibras medidos individualmente em cada uma das árvores em estudo.

A Tabela 4 indica os valores médios do comprimento, largura e espessura da parede das fibras, determinados para cada uma das árvores de *E. nitens*. As árvores de *E. nitens* mais jovens foram as que apresentaram os valores mínimos para o comprimento, a largura e a espessura da parede, respectivamente 0,51 mm (árvore N), 10,3 μm (árvore N1) e 1,2 μm (árvore N).

Tabela 4 - Dimensões das fibras de *E. nitens* (valores médios e desvio-padrão, mínimos e máximos).

| Árvore | Comprimento (mm) | Largura (μm) | Espessura da parede (μm) |
|-----------|---------------------|------------------------------|---|
| N | $0,81 \pm 0,16$ | $16,1 \pm 3,2$ | $4,4 \pm 1,6$ |
| | (0,51 – 1,21) | (10,6 – 24,2) | (1,2 – 8,4) |
| N1 | $0,98 \pm 0,19$ | $16,2 \pm 2,8$ | $5,0 \pm 1,2$ |
| | (0,53 – 1,43) | (10,3 – 24,6) | (3,2 – 8,9) |
| N3 | $1,19 \pm 0,33$ | $17,8 \pm 3,0$ | $5,3 \pm 1,6$ |
| | (0,56 – 1,96) | (11,8 – 24,9) | (2,6 – 9,0) |
| N5 | $0,99 \pm 0,20$ | $18,8 \pm 2,3$ | $5,6 \pm 1,7$ |
| | (0,55 – 1,45) | (13,6 – 24,6) | (2,1 – 8,6) |
| N6 | $0,96 \pm 0,18$ | $16,8 \pm 3,6$ | $4,8 \pm 1,4$ |
| | (0,59 – 1,37) | (10,9 – 23,9) | (2,2 – 8,1) |

Em *E. nitens*, quando comparados os valores médios obtidos nas árvores jovens e nas árvores mais velhas verificou-se que as árvores mais jovens apresentaram um valor médio para o comprimento, largura e espessura de parede de 0,90 mm, 16,2 μ m e 4,7 μ m respectivamente; as árvores mais velhas possuem fibras mais compridas com 1,05 mm, mais largas com 17,8 μ m e mais espessas com 5,2 μ m. Estes valores estão próximos dos valores referidos para o género *Eucalyptus*; Foelkel (2005), indica para os eucaliptos fibras com 0,7 a 1,02 mm de comprimento, 10 a 20 μ m de largura e com 2 a 6 μ m de espessura de parede.

Os valores de comprimento das fibras da casca das árvores de *E. nitens* são superiores aos valores de comprimento das fibras do lenho indicados por Foelkel (s.d.) de 0,65 - 0,75 mm e por Kibblewhite et al. (2000) de entre 0,82 mm e 0,88 mm, para árvores de idade próxima. Estas observações poderão estar em parte concordantes com o facto de para o género *Eucalyptus* as fibras da casca serem mais longas que as fibras do lenho (Santos, 1998; Jorge et al., 2000; Foelkel, 2005); no entanto esta apreciação deve ser cautelosa por não ter sido determinado o comprimento das fibras do lenho nas árvores estudadas.

A variação do comprimento das fibras encontrada das árvores mais jovens para as mais velhas está de acordo com Ridoutt et al. (1994), que indicam que a dimensão das fibras é determinada em grande parte pela dimensão das iniciais cambiais e pelos processos que ocorrem durante a diferenciação.

Nas Tabelas 5 a 10, são apresentadas as análises de variância para as árvores de *E. nitens*; verifica-se que a árvore foi uma fonte de variação altamente significativa ($P < 0,001$) para o comprimento, em ambos os locais e significativa ($P < 0,05$) para a largura das fibras das árvores no local Farminhão.

Para o comprimento das fibras verificou-se diferenças significativas entre as duas árvores provenientes da mata do Carrascal (N vs. N1) e entre N3 vs. N5 e N6 provenientes de Farminhão; relativamente à largura das fibras verificaram-se diferenças significativas entre N5 vs. N6 do local Farminhão.

Tabela 5 - Análise de variância para o comprimento das fibras de *E. nitens* da mata do Carrascal.

| <i>Fonte de variação</i> | <i>SQ</i> | <i>GI</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>valor P</i> | <i>F crítico</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
| Árvore | 0,632617 | 1 | 0,632617 | 20,70974 | 1,94E-05 | 3,963472 |
| Resíduos | 2,382654 | 78 | 0,030547 | | | |
| Total | 3,015272 | 79 | | | | |

Tabela 6 - Análise de variância para o comprimento das fibras de *E. nitens* de Farminhão.

| Fonte de variação | SQ | GI | MQ | F | valor P | F crítico |
|-------------------|----------|-----|----------|----------|----------|-----------|
| Árvore | 1,274405 | 2 | 0,637202 | 10,25367 | 7,89E-05 | 3,073763 |
| Resíduos | 7,270825 | 117 | 0,062144 | | | |
| Total | 8,545229 | 119 | | | | |

Tabela 7 - Análise de variância para a largura das fibras de *E. nitens* da mata do Carrascal.

| Fonte de variação | SQ | GI | MQ | F | valor P | F crítico |
|-------------------|----------|----|----------|----------|----------|-----------|
| Árvore | 6,949648 | 1 | 6,949648 | 3,566117 | 0,062688 | 3,963472 |
| Resíduos | 152,0064 | 78 | 1,9488 | | | |
| Total | 158,956 | 79 | | | | |

Tabela 8 - Análise de variância para a largura das fibras de *E. nitens* de Farminhão.

| Fonte de variação | SQ | GI | MQ | F | valor P | F crítico |
|-------------------|----------|-----|----------|----------|----------|-----------|
| Árvore | 77,17661 | 2 | 38,58831 | 4,296515 | 0,015827 | 3,073763 |
| Resíduos | 1050,812 | 117 | 8,981303 | | | |
| Total | 1127,989 | 119 | | | | |

Tabela 9 - Análise de variância para a espessura de parede das fibras de *E. nitens* da mata do Carrascal.

| Fonte de variação | SQ | GI | MQ | F | valor P | F crítico |
|-------------------|----------|----|----------|----------|----------|-----------|
| Árvore | 6,949648 | 1 | 6,949648 | 3,566117 | 0,062688 | 3,963472 |
| Resíduos | 152,0064 | 78 | 1,9488 | | | |
| Total | 158,956 | 79 | | | | |

Tabela 10 - Análise de variância para a espessura de parede das fibras de *E. nitens* de Farminhão.

| Fonte de variação | SQ | GI | MQ | F | valor P | F crítico |
|-------------------|----------|-----|----------|----------|----------|-----------|
| Árvore | 13,74987 | 2 | 6,874933 | 2,748839 | 0,068139 | 3,073763 |
| Resíduos | 292,6207 | 117 | 2,501032 | | | |
| Total | 306,3706 | 119 | | | | |

Os resultados referentes às dimensões das fibras de *E. rudis* são apresentados na Tabela 11. O valor médio do comprimento das fibras de *E. rudis* foi de 0,84 mm, tendo variado entre 0,52 mm (árvore R3) e 1,24 mm (árvore R1). A largura média das fibras de *E. rudis* foi de

20,7 μm , variando entre 10,4 μm (árvore R) e 40,7 μm (árvore R1). O valor médio da espessura da parede das fibras foi de 6,3 μm , sendo o valor mínimo 1,8 μm (árvore R) e o valor máximo 11,7 μm (árvore R1).

Tabela 11 - Dimensões das fibras de *E. rudis* (valores médios e desvio-padrão, mínimos e máximos).

| Árvore | Comprimento (mm) | Largura (μm) | Espessura da parede (μm) |
|--------|------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| R | $0,92 \pm 0,15$ | $19,1 \pm 4,3$ | $5,2 \pm 1,4$ |
| | (0,62 – 1,19) | (10,4 – 28,7) | (1,8 – 7,5) |
| R1 | $0,84 \pm 0,17$ | $21,1 \pm 5,8$ | $7,1 \pm 1,8$ |
| | (0,55 – 1,24) | (12,5 – 40,7) | (4,1 – 11,7) |
| R2 | $0,82 \pm 0,13$ | $21,1 \pm 5,0$ | $7,0 \pm 2,1$ |
| | (0,59 – 1,10) | (12,0 – 30,2) | (3,1 – 10,2) |
| R3 | $0,77 \pm 0,12$ | $21,9 \pm 5,4$ | $6,2 \pm 1,6$ |
| | (0,52 – 1,02) | (13,2 – 37,2) | (2,6 – 10,8) |
| R4 | $0,86 \pm 0,12$ | $20,3 \pm 3,7$ | $5,8 \pm 1,2$ |
| | (0,64 – 1,13) | (11,7 – 29,5) | (2,8 – 8,6) |

Comparando as árvores da mesma idade (4 anos) e de espécies diferentes, verificou-se que *E. rudis* apresentou fibras de comprimento semelhante (0,84 mm) ao das fibras de *E. nitens*, mas mais largas (20,7 μm) e mais espessas (6,3 μm). Não foi encontrada qualquer bibliografia com referência de valores de comprimento, largura e espessura de parede das fibras de casca de *E. rudis* com que pudessem ser comparados.

As fibras das árvores de *E. rudis* e *E. nitens* mais jovens têm comprimentos inferiores aos apresentados por vários autores para *E. globulus* de maior idade: 1,04 mm para árvores com 6 anos (Pereira, 1994); 1,12 mm para árvores com 8 anos (Barreiro, 1995); 1,04 mm e 1,02 mm para árvores com 12 e 13 anos respectivamente (Jorge et al., 2000) e 1,28 mm para árvores com 15 anos (Santos, 1998; Jorge et al., 2000); Fabrowski et al. (2003) indicam fibras com comprimento entre 0,7mm e 1,45 mm em *E. smithii*.

Os valores de largura das fibras observados coincidem com os valores encontrados para outras espécies do género *Eucalyptus*; para *E. globulus*: 15 μm para árvores com 1 ano (Silva, 1998), 20 μm para árvores com 8 anos (Barreiro, 1995), 15 -18 μm para árvores com 9 anos (Santos, 1998) e 18 μm para árvores com 15 anos (Quilhó et al., 2000); para *E. smithii*: fibras com 14 μm de comprimento (Fabrowski et al., 2003). Os mesmos autores referem para a espessura da parede das fibras valores de 3,8 μm (Silva, 1998), 8 μm

(Barreiro, 1995), 4,5 - 6,4 μm (Santos, 1998) e 7 μm (Quilhó et al., 2000); 5 μm para árvores de *E. smithii* (Fabrowski et al., 2003).

Da análise de variância efectuada para estudar o efeito da árvore na dimensão das fibras em *E. rudis* (Tabelas 12 a 14), verifica-se que a árvore foi uma fonte de variação altamente significativa ($P < 0,001$) para o comprimento e espessura de parede das fibras, mas não apresentou diferenças significativas para a largura das fibras.

O teste de Tukey aponta para o comprimento das fibras, a existência de diferenças significativas entre R vs. R1, R2 e R3 e para a espessura de parede entre R vs. R1 e R2; R1 vs. R4 e R2 vs. R4.

Tabela 12 - Análise de variância para o comprimento das fibras de *E. rudis*.

| <i>Fonte de variação</i> | <i>SQ</i> | <i>gl</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>valor P</i> | <i>F crítico</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
| Árvore | 0,514912 | 4 | 0,128728 | 6,630249 | 5,05009E-05 | 2,417963 |
| Resíduos | 3,785974 | 195 | 0,019415 | | | |
| Total | 4,300886 | 199 | | | | |

Tabela 13 - Análise de variância para a largura das fibras de *E. rudis*.

| <i>Fonte de variação</i> | <i>SQ</i> | <i>gl</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>valor P</i> | <i>F crítico</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
| Árvore | 180,9884 | 4 | 45,2471 | 1,873742 | 0,116566 | 2,417963 |
| Resíduos | 4708,858 | 195 | 24,14799 | | | |
| Total | 4889,846 | 199 | | | | |

Tabela 14 - Análise de variância para a espessura da parede das fibras de *E. rudis*.

| <i>Fonte de variação</i> | <i>SQ</i> | <i>gl</i> | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>valor P</i> | <i>F crítico</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
| Árvore | 102,074 | 4 | 25,5185 | 9,240083 | 7,395E-07 | 2,417963 |
| Resíduos | 538,535 | 195 | 2,761718 | | | |
| Total | 640,609 | 199 | | | | |

3.6 Percentagem de tecidos no floema

As Tabelas 15 e 16 mostram os valores obtidos para a percentagem de fibras, elementos do tubo crivoso, parênquima axial, parênquima radial, células expandidas e esclereídos, determinada individualmente por árvore, para cada uma das espécies, respectivamente *E. nitens* e *E. rudis*.

Tabela 15 – Valores médios da percentagem de tecidos do floema de *E. nitens*, por árvore independentemente da idade.

| | Fibras | Elementos do tubo crivoso | Parênquima axial | Parênquima radial | Células expandidas | Esclereídos | Cavidades secretoras |
|-----------|--------|---------------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------|----------------------|
| N | 37,0 | 2,1 | 25,0 | 9,4 | 26,6 | - | - |
| N1 | 29,7 | - | 12,5 | 5,2 | 49,5 | 0,5 | 2,6 |
| N3 | 28,6 | 5,2 | 23,4 | 4,2 | 38,5 | - | - |
| N5 | 32,3 | 4,7 | 26,6 | 4,7 | 31,3 | 0,5 | - |
| N6 | 34,4 | 1,0 | 9,4 | 3,6 | 51,6 | - | - |

Independentemente da idade da árvore o floema de *E. nitens* é composto maioritariamente por células expandidas, as fibras são o segundo tecido mais abundante seguindo-se o parênquima axial, o parênquima radial, os elementos do tubo crivoso, as cavidades secretoras e os esclereídos.

Em *E. nitens* quando comparados os valores médios obtidos nas árvores jovens e nas árvores mais velhas verificou-se que não houve grande diferença da percentagem de tecidos com a idade da árvore. Por exemplo dos tecidos com maior representação no floema, a percentagem de fibras foi de 33% nas árvores jovens e 32% nas árvores mais velhas e a percentagem de parênquima (axial e radial) foi de 26% nas árvores de 4 anos e 24%, nas árvores de 10 anos. Ainda em relação à percentagem de ocorrência de células expandidas e esclereídos nas amostras analisadas não foram encontradas grandes variações; assim nas árvores analisadas obtiveram-se valores muito próximos, respectivamente de 38% e 0,3% nas mais jovens e 41% e 0,2% nas mais velhas, embora a origem destes tecidos esteja habitualmente associada à idade da árvore (Trockenbrodt, 1991,1994; Quilhó et al., 1999, 2000).

Neste estudo a casca de *E. nitens* assemelhou-se estruturalmente à casca de *E. globulus*, no entanto verificou-se que *E. nitens* apresentou uma percentagem de células expandidas muito superior (41%) à referida por Santos (1998) em *E. globulus* com 9 anos de idade que foi de 12%; em contrapartida *E. nitens* apresentou uma percentagem de parênquima axial muito inferior (20%) à indicada para as mesmas árvores de *E. globulus* que foi de aproximadamente 44%; embora estas diferenças estejam adstritas naturalmente à própria espécie a análise destes dados deve ser vista cautelosamente dado a variabilidade da percentagem de tecidos na própria árvore, dependendo do local e condições de crescimento (Pereira et al., 2010).

Tabela 16 – Valores médios da percentagem de tecidos no floema de *E. rudis*, por árvore.

| | Fibras | Elementos do tubo crivoso | Parênquima axial | Parênquima radial | Células expandidas | Esclereídos |
|--------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| R | 18,2 | - | 12,5 | 7,8 | 61,5 | - |
| R1 | 17,7 | - | 23,4 | 4,7 | 47,9 | 6,3 |
| R2 | 18,8 | 2,1 | 30,2 | 5,7 | 43,2 | - |
| R3 | 18,2 | 0,5 | 27,6 | 7,3 | 46,4 | - |
| R4 | 17,2 | 2,6 | 26,6 | 7,3 | 44,8 | 1,6 |
| Média | 18,0 (0,6) | 1,0 (1,2) | 24,1 (6,9) | 6,6 (1,3) | 48,8 (7,3) | 1,6 (2,7) |

Nas árvores de *E. rudis* as células expandidas são as que ocupam maior percentagem no floema, seguindo-se o parênquima axial, as fibras, o parênquima radial, os esclereídos e por fim os elementos do tubo crivoso.

Comparando as árvores da mesma idade (4 anos) e espécies diferentes verificou-se que *E. nitens* foi a espécie onde a percentagem de fibras foi maior, 33% de fibras, superior ao valor médio encontrado para *E. rudis* de apenas 18%; não obstante as diferenças encontradas este teor de fibras é alto devendo ser tomado em conta para possíveis usos da casca (Santos, 1998). A percentagem de parênquima axial e radial foi elevada em ambas as espécies, 26% em *E. nitens* e 31% em *E. rudis*. Percentagens altas de parênquima no floema são habitualmente mencionadas na literatura; Hillis et al. (1990), em *E. regnans*, Quilhó et al. (2000) e Pereira et al. (2010) em *E. globulus* e numa casca típica de

Eucalyptus, na ordem dos 40 a 60%, sendo esta percentagem considerada desvantajosa para o uso da casca, nomeadamente para o fabrico de papel (Foelkel, 2005). A percentagem de células expandidas foi igualmente elevada em ambas as espécies, 49% em *E. rudis* e 38% em *E. nitens* e o valor médio de esclereídos situou-se entre os valores aproximados de 2% e 0,3% respectivamente em ambas as espécies. Os elementos de tubo crivoso representam um dos tecidos com menor percentagem no floema ocupando cerca de 1% tanto em *E. nitens* como em *E. rudis*; valores semelhantes são indicados para outras espécies de eucaliptos com idades diferentes por exemplo, em *E. regnans* 1,3%, em *E. globulus* 0,8% para árvores de 4 anos (Hillis et al., 1990) e em *E. globulus* 1,2% de elementos de tubo crivoso em amostras retiradas ao nível da base para árvores de 15 anos (Quilhó et al., 2000).

Os resultados obtidos permitiram verificar que de acordo com Trockenbrodt (1994) e Quilhó et al. (2000) a percentagem de tecidos da casca varia entre espécies e entre árvores.

4 Conclusões

- O trabalho realizado permitiu distinguir as espécies *E. nitens* e *E. rudis* através das características anatómicas da casca, que mostrou variabilidade entre as espécies e, dentro da mesma espécie, com a idade.
- As cascas de *E. nitens* e *E. rudis* diferenciam-se pela sua morfologia externa (textura e desenho esculpido), pelo modo como se separam da árvore, pelo tipo de periderme, arranjo das células expandidas e presença de cavidades secretoras associadas à proliferação de parênquima radial.
- As árvores de *E. nitens* com 10 anos apresentam uma maior espessura da casca, têm células de felema suberificadas com maior espessamento tangencial e maior número de células de feloderme e com maior espessamento e maior quantidade tecido de dilatação que as árvores mais jovens.
- As cascas de *E. nitens* e *E. rudis* apresentam características comuns: periderme formada por felema com células suberificadas e células lenhificadas; Floema sem formação de anéis de crescimento; floema não colapsado reduzido em relação à área total da casca, com alternância de camadas tangenciais de parênquima axial, elementos do tubo crivoso e feixes de fibras; transição gradual do floema não colapsado para o floema colapsado; floema colapsado com uma estrutura desorganizada, caracterizado pela distorção das células de parênquima radial, expansão das células de parênquima axial e formação de esclereídeos; cristais abundantes nas células de parênquima axial, formando séries cristalíferas.
- A feloderme de *E. rudis* é formada por um maior número de células relativamente à de *E. nitens*.
- As fibras das árvores de *E. nitens* com 4 anos possuem menor comprimento, largura e espessura da parede do que as de *E. nitens* com 10 anos. As árvores de *E. rudis* apresentam fibras de comprimento semelhante, maior largura e maior espessamento de parede do que as de *E. nitens* da mesma idade.
- Em ambas as espécies, as células de parênquima expandidas são o tecido mais abundante; *E. nitens* possui maior percentagem de fibras do que *E. rudis*; os elementos do tubo crivoso são um dos tecidos com menor representatividade tanto no floema de *E. nitens* como de *E. rudis*.

- A estrutura da casca de *E. nitens* é muito semelhante à da casca de *E. globulus*, no que refere ao tipo de células, presença de pigmentos na feloderme e variação da estrutura com a idade da árvore.
- A espécie *E. nitens* pode ser agregada à espécie *E. dunnii* na chave de identificação de *Eucalyptus* elaborada por Alfonso (1987), com base na observação de cavidades secretoras associadas à proliferação das células dos raios.
- Não se encontrou nas chaves de identificação existentes, qualquer agregação possível para *E. rudis*.

5 Bibliografia

Alfonso, V. (1987). Caracterização anatômica do lenho e casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Herit cultivadas no Brasil - Tese de Doutorado. *Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo* , p. 189.

Antunes, F. S. (2009). *Avaliação da qualidade da madeira das espécies Acacia crassicarpa, Acacia mangium, Eucalyptus nitens, Eucalyptus globulus e Populus tremuloides*. - Tese de Mestrado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

Aoyama, E. M., & Labinas, A. M. (2012). Características estruturais das plantas contra a herbivoria. *Enciclopédia Biosfera* , 8, pp. 365-386.

Bamber, R. K. (1962). The anatomy of the bark of Leptospermoideae. *Australian Journal of Botany* , 10, pp. 25-54.

Baptista, I., Miranda, I., Quilhó, T., Gominho, J., & Pereira, H. (2013). Characterisation and fractioning of *Tectona grandis* bark in view of its valorisation as a biorefinery raw-material. *Industrial Crops and Products* , 50, pp. 166– 175.

Barreiro, V. F. (1995). *Relación entre el stress hídrico y el ataque del barrenador del Eucalipto (Phoracantha semipunctata Fabr.) Aspectos anatómicos*. Relatório de fim de curso. Lisboa: ISA.

Boland, D. J., Brooker, M. I., Chippendale, G. M., Hall, N., Hyland, B. P., Johnston, R. D., et al. (1999). *Forest Trees of Australia*. Australia: CSIRO Publishing.

Bragatto, J. (2010). *Avaliação do potencial da casca de Eucalyptus spp. para a produção de bioetanol*. Piracicaba: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Bramhall, A. E., Kellog, R. M., Meyer, R. W., & Warren, W. G. (1977). Bark - tissue of coastal western Hemlock in British Columbia. *Wood and fiber* , 9(3), pp. 184-190.

Carr, S. G., & Carr, D. J. (1969). Oil glands and ducts in *Eucalyptus* L'Hérit. I. The phloem and the pith. *Australian Journal of Botany* , 17 (3), pp. 471 - 513.

Chan, L.-L. (1985). The anatomy of the bark of *Libocedrus* in New Zealand. *IAWA Bull* , 6(1), pp. 23-34.

- Chan, L.-L. (1986). The anatomy of the bark of *Agathis* in New Zealand. *IAWA Bull* , 7(3), pp. 229-241.
- Chattaway, M. (1952). The Structure of *Eucalypt* Bark. *Forest Products Newsletter* , March - June, nº 190.
- Chattaway, M. (1953). The anatomy of bark. I. The genus *Eucalyptus*. *Australian Journal of Botany* .
- Chattaway, M. (1955a). The anatomy of bark. II. Oil gland in *Eucalyptus* species. *Australian Journal of Botany* , pp. 21-27.
- Chattaway, M. (1955b). The anatomy of bark. III. Enlarged fibres in the bloodwoods (*Eucalyptus* spp.). *Australian Journal of Botany* , pp. 28-38.
- Chattaway, M. (1955c). The anatomy of bark. IV. Radially elongated cells in the phelloderm of species of *Eucalyptus*. *Australian Journal of Botany* , pp. 39-47.
- DGRF. (2006a). Plano de Ordenamento Florestal da Área Metropolitana de Lisboa. *Bases de ordenamento* .
- DGRF. (2006b). Plano Regional de Ordenamento Florestal de Dão-Lafões. *Bases de Ordenamento* .
- Dickison, W. (2000). *Integrative Plant Anatomy*. Academic Press.
- Domingues, R. M., Patinha, D. J., Sousa, G. D., Villaverde, J. J., Silva, C. M., Freire, C. S., et al. (2011). Eucalyptus biomass residues from agro-forest and pulping industries as sources of high-value triterpenic compounds. *Cellulose Chemistry and Technology* , 45, pp. 475 - 481.
- Donghua, L., & Xinzeng, G. (1993). Comparative anatomy of the secondary phloem of ten species of Rosaceae. *IAWA Journal* , 14(3), pp. 289-298.
- Esau, K. (1953). *Plant Anatomy*. New York: John Wiley.
- Esau, K. (1972). *Anatomia vegetal*. Barcelona: Omega.
- Esau, K. (1977). *Anatomy of Seed Plants* (2ª ed.). New York: Wiley.
- Esau, K., & Cheadle, V. I. (1984). Anatomy of the secondary phloem in Winteraceae. *IAWA Bull* , 5(1), pp. 13-43.

- Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2006). *Esau's Plant Anatomy - Meristems Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development* (3ª ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Eyles, A., Davies, N. W., & Mohammed, C. M. (2004). Traumatic oil glands induced by pruning in the wound-associated phloem of *Eucalyptus globulus*: chemistry and histology. *Trees* , 18, pp. 204-210.
- Fabrowski, F. J., de Muñiz, G. I., Nakashima, T., Nisgoski, S., & Klock, U. (2003). Investigação da presença de óleo essencial em *Eucalyptus smithii* R.T. Baker por meio da anatomia de seu lenho e casca. *Ciência Florestal* , 13, pp. 95-106.
- Fahn, A. (1990). *Plant anatomy*. Oxford: Pergamon Press.
- Foelkel, C. (s.d.). *Fibras & Polpas*. Obtido de <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/Palestras/Fibras%20e%20polpas.pdf>
- Foelkel, C. (2005). *Casca da árvore de eucalipto*. *Eucalyptus online Book & Newsletter*. Obtido em 2012, de <http://www.eucalyptus.com.br>
- Foelkel, C. (2009). *Propriedades Papeleiras das Árvores, Madeiras e Fibras Celulósicas dos Eucaliptos*. *Eucalyptus online Book & Newsletter*. Obtido em 2013, de <http://www.eucalyptus.com.br>
- Furuno, T. (1990). Bark structure of deciduous broad - leaved trees grown in the San'in region, Japan. *IAWA Bull* , 11(3), pp. 239-254.
- Goes, E. (1985). *Os Eucaliptos (identificação e monografia de 121 espécies existentes em Portugal)*. Lisboa: Portucel.
- Goes, E. (1991). *A floresta portuguesa - sua importância e descrição das espécies de maior interesse*. Lisboa: Portucel.
- Hillis, W. E., & Udompongsanon, P. (1990). The proportion of fibres in the bark of *E. globulus* and *E. regnans*. *Appita* , 43 (5), pp. 363-366.
- Howard, E. T. (1971). Bark structure of the Southern Pines. *Wood Science* , 3(2), pp. 134-148.
- ICNF. (2013). *6º Inventário Florestal Nacional - Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental - Resultados preliminares*.

- Jorge, F., Brito, P., Pepino, L., Portugal, A., Gil, H., & Costa, R. P. (2001). Aplicações para as Cascas de Árvores e para os Extractos Taninosos: Uma Revisão. *Silva Lusitana* , 9, pp. 225 - 236.
- Jorge, F., Quilhó, T., & Pereira, H. (2000). Variability of fibre length in wood and bark in *Eucalyptus globulus*. *IAWA Journal* , 21, pp. 41-48.
- Junikka, L. (1994). Survey of English macroscopic bark terminology. *IAWA Journal* , 15(1), pp. 3-45.
- Kibblewhite, R. P., Johnson, B. I., & Shelbourne, C. J. (2000). kraft pulp qualities of *Eucalyptus nitens*, *E. globulus* and *E. maidenii*, at ages 8 and 11 years. *New Zealand Journal of Forestry Science* , 30(3), pp. 447–457.
- Kumar, U. (2006). Agricultural products and by-products as a low cost adsorbent for heavy metal removal from water and wastewater: A review. *Scientific Research and Essays* , 1(2), pp. 33-37.
- Lev-Yadun, S. (1991). Terminology used in bark anatomy: additions and comments. *IAWA* , 12 (2), pp. 207-209.
- Machado, S. R., Marcati, C. R., de Morretes, B. L., & Angyalossy, V. (2005). Comparative bark anatomy of root and stem in *Styrax camporum* (Styracaceae). *IAWA Journal* , 26(4), pp. 477–487.
- Mariani, S., Torres, M., Fernandez, A., & Morales, E. (s.d.). *Variabilidade em sentido radial em Eucalyptus nitens y su efecto sobre pulpa Kraft*. Obtido em Outubro de 2013, de <http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc036.pdf>
- Martin-Dupont, F., Gloaguen, V., Guilloton, M., Granet, R., & Krausz, P. (2006). Study of the chemical interaction between barks and heavy metal cations in the sorption process. *Journal of Environmental Science and Health* , pp. 149-160.
- Matos, I. N. (1994). *Tapada da Ajuda - Evolução da paisagem*. Lisboa.
- Monteiro, C. (2003). *Caracterização anatômica e física de Eucalyptus globulus Labill. de segunda rotação*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia - UTL.
- Moreira, I. (1983). *Histologia Vegetal*. Lisboa: Didáctica Editora.

- Nanko, H., Saki, H., & Harada, H. (1979). Development and structure of the fiber sclereids in the secondary phloem of *Prunus jamasakura*. *Journal Japan Wood Research Society* , 25(4), pp. 245-250.
- Nunes, E., Quilhó, T., & Pereira, H. (1996). Anatomy and chemical composition of *Pinus pinaster* bark. *IAWA Journal* , pp. 141-149.
- Olivella, M. A., Jove, P., Şen, A. U., Pereira, H., Villaescusa, I., & Fiol, N. (2011). Sorption performance of *Quercus cerris* cork with polycyclic aromatic hydrocarbons and toxicity testing. *BioResources* , 6(3), pp. 3363 - 3375.
- Pace, M. (2012). Report of the 2012 IAWA Pan-American Meeting in Recife. *IAWA* , 33 (4), pp. 463-466.
- Patinha, D. J. (2011). *Analysis of triterpenic compounds in the bark of Eucalyptus species*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Pereira, H. (1994). The raw-material quality of *Eucalyptus globulus*. In J. S. Pereira, & H. Pereira, *Eucalyptus for biomass production*. Lisboa: Comissão de European Communities.
- Pereira, H., & Araújo, M. (1990). Raw-material quality of fast grown *Eucalyptus globulus* during the first year. *IAWA* , pp. 421-427.
- Pereira, H., & Miranda, I. (1992). Chemical composition of wood and bark of fast grown *Eucalyptus globulus* trees during the first 3 years. In G. Grassi, G. Gosse, & G. dos Santos, *Biomass for energy and industry*. (pp. 186-190). London: Elsevier Appl.
- Pereira, H., Miranda, I., Tavares, F., Gominho, J., Quilhó, T., Graça, J., et al. (2010). *Qualidade e utilização tecnológica do eucalipto (Eucalyptus globulus)*. Lisboa: Centro de Estudos Florestais.
- Pirralho, M., Flores, D., Sousa, V. B., Quilhó, T., Pereira, H., & Knapic, S. (2013). Estudo comparativo da anatomia de madeira e casca de duas espécies de eucalipto. *7º Congresso Florestal Nacional "Florestas - Conhecimento e Inovação"*.
- Quilhó, T., & Pereira, H. (2001). Within and between-tree variation of bark content and wood density of *Eucalyptus globulus* in commercial plantations. *IAWA Journal* , 22, pp. 255-265.
- Quilhó, T., & Sardinha, R. (1995). Bark anatomy of *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae). *Silva Lusitana* , 3, pp. 173-190.

- Quilhó, T., Pereira, H., & Richter, H. (1999). Variability of bark structure in plantation-grown *Eucalyptus globulus*. *IAWA Journal* , 20, pp. 171-180.
- Quilhó, T., Pereira, H., & Richter, H. (2000). Within-tree variation in phloem cell dimensions and proportions in *Eucalyptus globulus*. *IAWA Journal* , 21, pp. 31-40.
- Quilhó, T., Sousa, V., Tavares, F., & Pereira, H. (2013). Bark anatomy and cell size variation in *Quercus faginea*. *Turkish Journal of Botany* .
- Richter, H. G. (1981). Wood and bark anatomy of Lauraceae I. *IAWA Bull* , 2 (2/3), pp. 79-87.
- Richter, H. G. (1985). Wood and bark anatomy of Lauraceae II. *IAWA Bull* , 6 (3), pp. 187-199.
- Richter, H. G. (1990). Wood and bark anatomy of Lauraceae III. *IAWA Bull.* , 11 (1), pp. 47-56.
- Richter, H., Viveiros, S., Alves, E., Luchi, A., & Costa, C. (1996). Padronização de critérios para a descrição anatómica da casca: lista de características e glossário de termos. *IF Série Registros* , nº 16, pp. 1-25.
- Ridoutt, B. G., & Sands, R. (1994). Quantification of the processes of secondary xylem fibre development in *Eucalyptus globulus* at two heigh levels. *IAWA Journal* , 15(4), pp. 417-424.
- Rocha, L. D., Preussler, K. H., Pegorini, F., Farias, V., & Maranhão, L. T. (2008). Estudo anatómico comparativo da casca do caule do araçá-amarelo e araçá-vermelho, *Psidium cattleianum* Sabine, Myrtaceae. *Acta Botânica Brasilica* , 22 (4), pp. 1114-1122.
- Roth, I. (1981). Structural patterns of tropical barks. In: Encyclopedia of plant anatomy. IX, p. 609.
- Santos, T. (1998). *Variabilidade da estrutura anatómica da casca de Eucalyptus globulus Labill.* Tese de Doutorado. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia - UTL.
- Schaad, N. W., & Wilson, E. E. (1970). Structure and seasonal development of secondary phloem of *Juglans regia*. *Can. J. Bot.* , 48, pp. 1049-1053.
- Şen, A. U., Olivella, M. A., Fiol, N., Miranda, I., Villaescusa, I., & Pereira, H. (2012). Removal of chromium (VI) in aqueous environments using heat treated cork samples from *Quercus cerris* and *Quercus suber*. *BioResources* , 7(4), pp. 4843 - 4857.
- Şen, A., Quilhó, T., & Pereira, H. (2011). Bark anatomy of *Quercus cerris* L. var. *cerris* from Turkey. *Turkish Journal of Botany* , 35, pp. 45 - 55.

Silva, M. (1998). *Estudo da qualidade (anatômica, química e papeleira) da produção lenhosa de eucalipto (E. globulus e E. camaldulensis) em sistemas intensivos de muito curta rotação*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia - UTL.

Soffiatti, P., & Alfonso, V. (1999). Estudo anatômico comparativo do lenho e da casca de duas espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). *Revista Brasileira de Botânica* , 22.

Tippett, J., & Hill, T. (1984). Junction complexes between sieve tubes in the secondary phloem of Myrtaceae. *Annals of Botany* , 53, pp. 421-429.

Trockenbrodt, M. (1990). Survey and discussion of the terminology used in bark anatomy. *IAWA* , pp. 141-166.

Trockenbrodt, M. (1991). Qualitative structural changes during bark development in *Quercus robur*, *Ulmus glabra*, *Populus tremula* e *Betula pendula*. *IAWA Bull* , 12 (1), pp. 5-22.

Trockenbrodt, M. (1992). Bark structure: variation and systematic utility.(Abstract). *IAWA Bull.* , 13 (2).

Trockenbrodt, M. (1994). Quantitative changes of some anatomical characters during bark development in *Quercus robur*, *Ulmus glabra*, *Populus tremula* e *Betula pendula*. *IAWA Journal* , 15(4), pp. 387-398.

Trockenbrodt, M. (1995). Calcium oxalate crystals in the bark of *Quercus robur*, *Ulmus glabra*, *Populus tremula* e *Betula pendula*. *Annals of Botany* , 75, pp. 281-284.

Van Wyk, A. E. (1985). The genus *Eugenia* (Myrtaceae) in southern Africa: Structure and taxonomic value of bark. *S. Afr. J. Bot.* , pp. 157-180.

Zahur, M. S. (1959). *Comparative study of secondary phloem of 432 species of woody dicotyledons belonging to 85 families*. Cornell University Agricultural Experiment Station.

Anexos

Anexo I

Figura I.1- Chaves de identificação das espécies de Eucalyptus com base na anatomia da casca. (Alfonso (1987)).

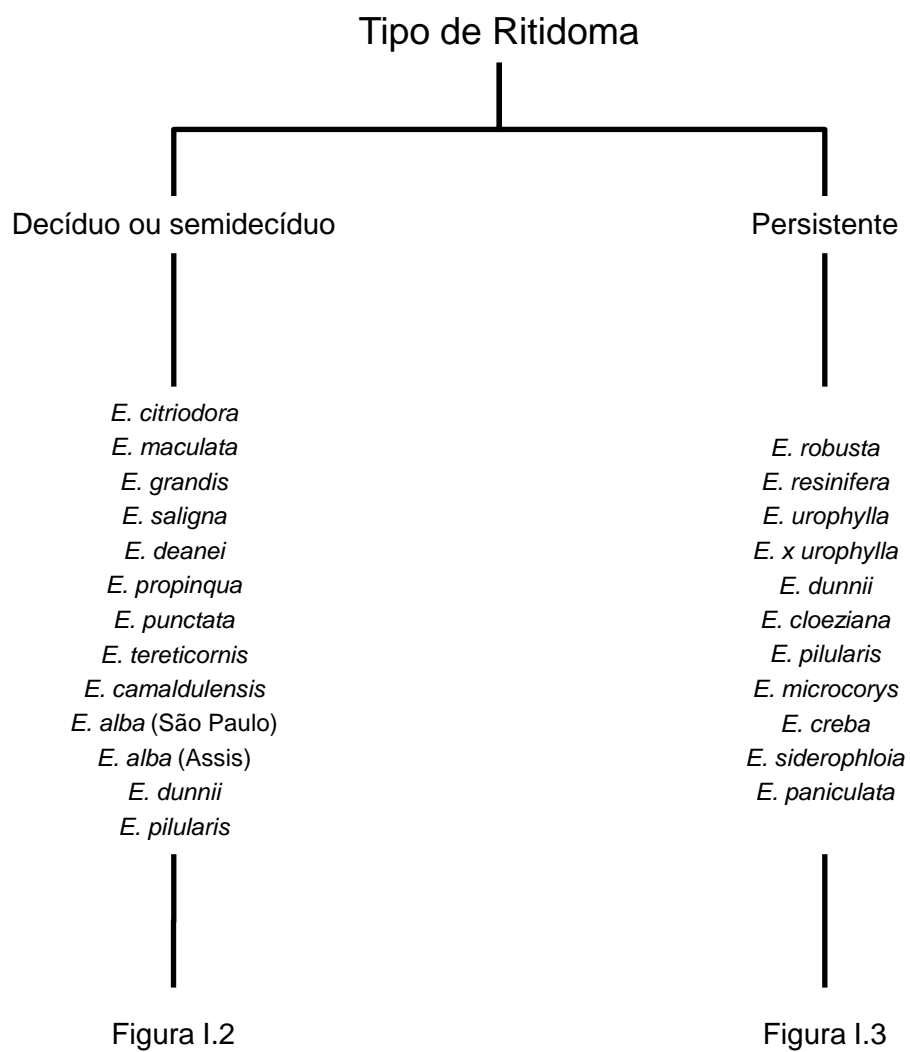


Figura I.2 – Chave de identificação de algumas espécies de *Eucalyptus* que apresentam ritidoma decíduo ou semidecíduo

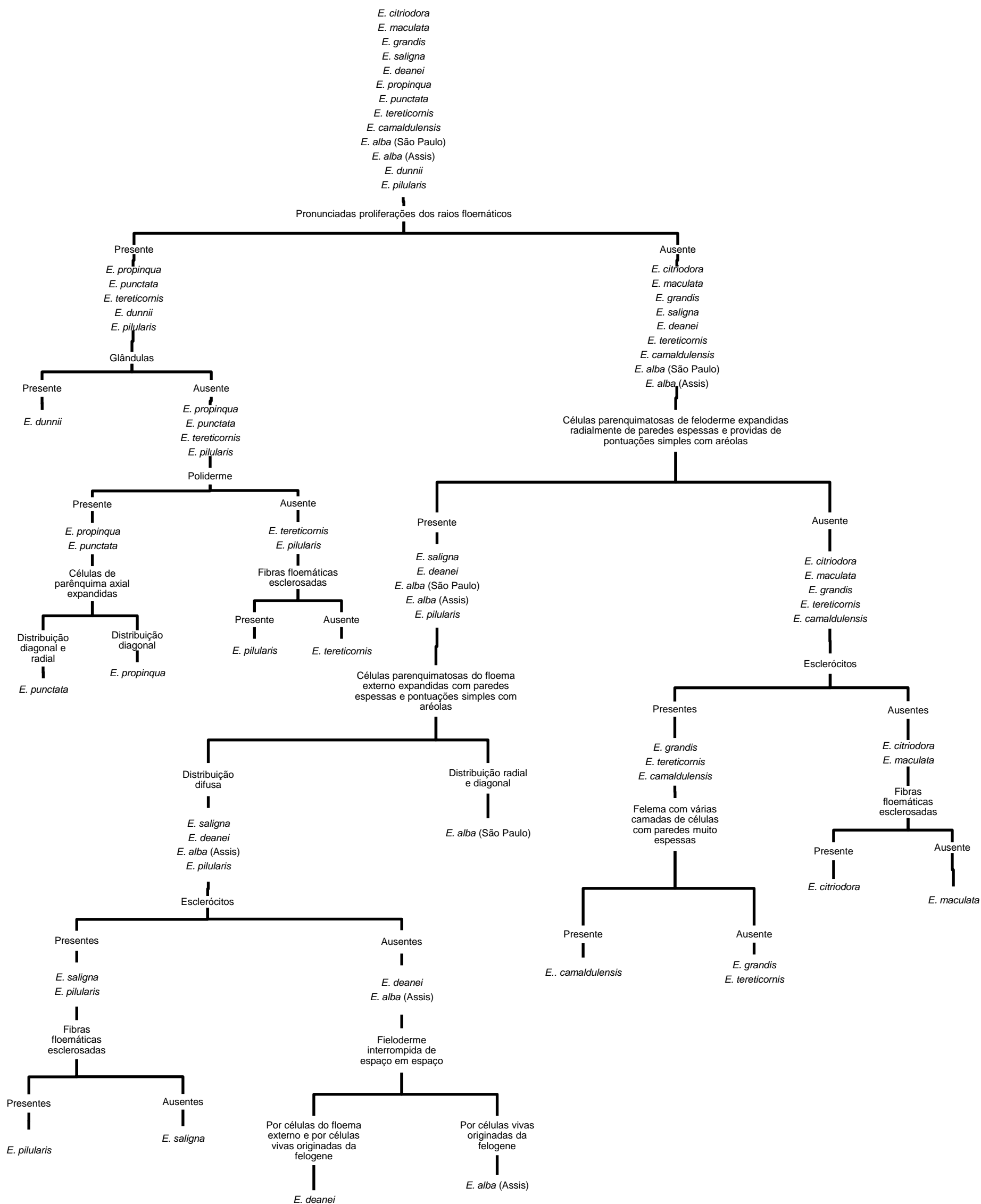
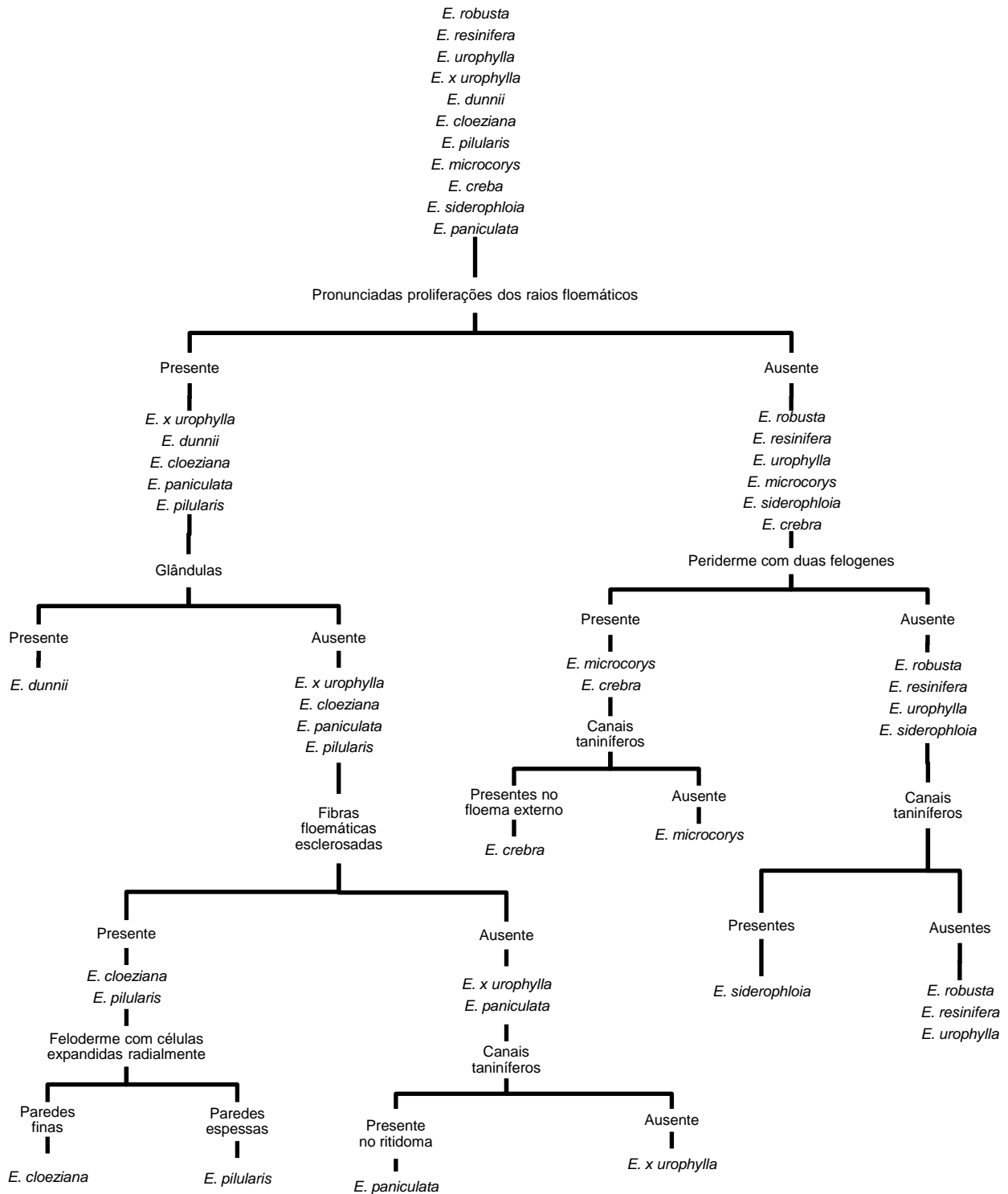


Figura I.3 – Chave de identificação de algumas espécies de *Eucalyptus* que apresentam ritidoma persistente.



Anexo II

Tabela II.1- Diâmetros das células de parênquima axial e das células de parênquima axial expandidas (µm), para cada uma das árvores de *E. nitens*.

| | N0 | | N1 | | N3 | | N5 | | N6 | |
|---------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado |
| | 17,603 | 22,016 | 15,567 | 56,474 | 16,870 | 44,690 | 18,844 | 91,320 | 16,945 | 23,556 |
| | 18,654 | 35,085 | 18,263 | 46,503 | 17,603 | 52,282 | 17,367 | 62,208 | 15,625 | 42,458 |
| | 16,539 | 25,301 | 19,074 | 40,575 | 17,199 | 36,308 | 16,886 | 60,611 | 16,284 | 42,118 |
| | 17,325 | 23,582 | 16,448 | 36,627 | 16,329 | 38,566 | 19,886 | 79,727 | 21,595 | 65,665 |
| | 20,002 | 48,604 | 15,322 | 78,573 | 21,187 | 52,872 | 17,835 | 53,159 | 21,989 | 39,574 |
| | 17,026 | 31,586 | 18,469 | 46,462 | 15,611 | 41,517 | 25,915 | 52,175 | 24,634 | 43,568 |
| | 19,704 | 37,922 | 17,758 | 51,339 | 19,982 | 45,843 | 18,875 | 39,213 | 15,286 | 40,735 |
| | 17,366 | 48,355 | 20,051 | 27,480 | 17,325 | 46,454 | 20,222 | 43,101 | 23,866 | 37,692 |
| | 16,715 | 76,568 | 18,463 | 37,078 | 24,637 | 57,136 | 24,245 | 41,694 | 23,271 | 39,723 |
| | 20,123 | 51,128 | 16,352 | 31,421 | 19,040 | 76,903 | 24,570 | 44,397 | 22,673 | 52,327 |
| | 21,643 | 55,164 | 19,751 | 55,274 | 21,295 | 69,182 | 18,514 | 42,608 | 21,308 | 37,041 |
| | 15,611 | 51,832 | 15,873 | 41,850 | 19,596 | 76,430 | 22,275 | 40,246 | 15,410 | 36,034 |
| | 16,702 | 62,066 | 19,241 | 33,882 | 18,470 | 45,600 | 23,648 | 49,690 | 13,634 | 22,978 |
| | 14,953 | 37,191 | 18,987 | 56,826 | 19,637 | 49,830 | 26,607 | 41,263 | 11,000 | 50,368 |
| | 19,763 | 64,599 | 17,592 | 45,856 | 19,825 | 56,563 | 19,542 | 41,307 | 11,713 | 38,457 |
| Média | 17,982 | 44,733 | 17,814 | 45,748 | 18,974 | 52,678 | 21,015 | 52,181 | 18,349 | 40,820 |
| Mínimo | 14,953 | 22,016 | 15,322 | 27,480 | 15,611 | 36,308 | 16,886 | 39,213 | 11,000 | 22,978 |
| Máximo | 21,643 | 76,568 | 20,051 | 78,573 | 24,637 | 76,903 | 26,607 | 91,320 | 24,634 | 65,665 |

Tabela II.2 - Diâmetros das células de parênquima axial e das células de parênquima axial expandidas (μm), para cada uma das árvores de *E. rudis*.

| | R0 | | R1 | | R2 | | R3 | | R4 | |
|---------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado | Células de parênquima do Floema não colapsado | Células de parênquima expandidas do Floema colapsado |
| | 14,712 | 33,357 | 26,045 | 45,982 | 15,529 | 57,369 | 18,767 | 67,433 | 16,847 | 48,236 |
| | 21,004 | 40,101 | 22,876 | 35,600 | 18,660 | 63,510 | 14,427 | 47,587 | 19,241 | 34,884 |
| | 17,187 | 61,715 | 18,858 | 46,356 | 18,094 | 91,805 | 16,436 | 43,433 | 15,523 | 43,913 |
| | 27,807 | 47,269 | 17,633 | 70,493 | 18,101 | 48,756 | 18,647 | 52,848 | 14,484 | 44,354 |
| | 14,606 | 31,737 | 22,868 | 50,206 | 13,682 | 47,977 | 14,936 | 64,008 | 20,348 | 42,337 |
| | 19,133 | 33,956 | 21,414 | 59,191 | 11,737 | 41,226 | 16,496 | 36,423 | 15,874 | 83,520 |
| | 18,482 | 81,303 | 20,980 | 38,728 | 13,146 | 50,388 | 18,594 | 48,361 | 12,508 | 65,972 |
| | 21,353 | 52,967 | 21,353 | 72,589 | 15,503 | 54,533 | 13,147 | 33,759 | 13,769 | 54,305 |
| | 15,769 | 49,602 | 15,387 | 62,172 | 9,715 | 41,028 | 16,898 | 36,807 | 19,231 | 38,956 |
| | 19,480 | 49,779 | 17,261 | 34,115 | 16,351 | 51,761 | 10,511 | 66,471 | 17,743 | 55,835 |
| | 19,486 | 47,552 | 15,770 | 44,228 | 13,613 | 47,387 | 19,151 | 38,126 | 11,750 | 86,940 |
| | 12,079 | 70,714 | 18,466 | 81,955 | 14,927 | 39,148 | 21,432 | 30,331 | 24,556 | 63,739 |
| | 21,612 | 92,191 | 24,020 | 56,765 | 12,992 | 35,665 | 12,733 | 68,055 | 18,728 | 59,031 |
| | 13,150 | 85,372 | 14,910 | 67,934 | 14,990 | 47,577 | 8,702 | 50,890 | 13,580 | 52,131 |
| | 21,821 | 98,526 | 12,733 | 58,608 | 15,760 | 52,520 | 10,336 | 60,503 | 15,510 | 74,402 |
| Média | 18,512 | 58,409 | 19,372 | 54,995 | 14,853 | 51,377 | 15,414 | 49,669 | 16,646 | 56,570 |
| Mínimo | 12,079 | 31,737 | 12,733 | 34,115 | 9,715 | 35,665 | 8,702 | 30,331 | 11,750 | 34,884 |
| Máximo | 27,807 | 98,526 | 26,045 | 81,955 | 18,660 | 91,805 | 21,432 | 68,055 | 24,556 | 86,940 |

Anexo III

Tabela III.1 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore N de *E. nitens*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μ m) | Espessura da parede (μ m) |
|---------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | 0,82 | 16,2 | 5,4 |
| | 1,05 | 21,1 | 5,7 |
| | 0,94 | 24,2 | 8,3 |
| | 0,66 | 14,3 | 4,1 |
| | 0,72 | 12,8 | 2,6 |
| | 0,56 | 20,7 | 3,7 |
| | 1,02 | 16,6 | 4,0 |
| | 0,90 | 21,9 | 8,1 |
| | 1,21 | 10,6 | 2,6 |
| | 0,91 | 20,0 | 5,0 |
| | 0,65 | 17,2 | 6,0 |
| | 0,96 | 11,8 | 3,5 |
| | 0,85 | 18,8 | 6,1 |
| | 0,53 | 14,9 | 4,3 |
| | 0,51 | 15,6 | 3,1 |
| | 0,67 | 14,1 | 4,2 |
| | 0,98 | 20,7 | 8,4 |
| | 0,91 | 12,5 | 3,3 |
| | 0,73 | 15,7 | 3,7 |
| | 0,86 | 17,9 | 4,2 |
| | 0,92 | 17,3 | 5,7 |
| | 0,88 | 13,6 | 2,7 |
| | 0,73 | 11,6 | 3,0 |
| | 0,88 | 13,4 | 1,2 |
| | 0,88 | 11,8 | 3,3 |
| | 0,96 | 13,1 | 5,1 |
| | 0,74 | 16,3 | 5,6 |
| | 0,76 | 14,1 | 3,1 |
| | 0,57 | 19,3 | 3,4 |
| | 0,65 | 17,6 | 5,0 |
| | 0,77 | 15,6 | 5,3 |
| | 0,71 | 14,7 | 3,0 |
| | 0,74 | 11,6 | 2,1 |
| | 0,59 | 15,3 | 3,7 |
| | 1,01 | 14,2 | 4,5 |
| | 0,90 | 14,8 | 5,3 |
| | 0,91 | 20,1 | 4,7 |
| | 0,86 | 16,5 | 5,0 |
| | 0,64 | 16,3 | 4,4 |
| | 0,73 | 17,7 | 4,6 |
| Média | 0,81 | 16,1 | 4,4 |
| Mínimo | 0,51 | 10,6 | 1,2 |
| Máximo | 1,21 | 24,2 | 8,4 |

Tabela III.2 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore N1 de *E. nitens*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|------------------------------------|--|
| | 0,90 | 17,9 | 5,7 |
| | 1,14 | 24,6 | 8,9 |
| | 0,53 | 15,0 | 3,9 |
| | 0,94 | 16,5 | 5,4 |
| | 0,75 | 20,5 | 6,9 |
| | 0,74 | 18,4 | 4,9 |
| | 0,79 | 14,4 | 5,6 |
| | 1,14 | 15,7 | 5,6 |
| | 0,78 | 12,9 | 3,6 |
| | 0,79 | 15,7 | 4,5 |
| | 0,97 | 13,7 | 4,8 |
| | 1,18 | 15,5 | 4,0 |
| | 1,01 | 16,6 | 4,3 |
| | 1,18 | 17,9 | 5,2 |
| | 0,93 | 10,3 | 3,5 |
| | 0,98 | 11,5 | 3,2 |
| | 1,28 | 13,5 | 3,7 |
| | 1,02 | 12,9 | 4,5 |
| | 1,01 | 17,1 | 5,6 |
| | 0,91 | 18,3 | 5,2 |
| | 1,16 | 13,3 | 4,5 |
| | 0,92 | 18,6 | 3,6 |
| | 0,98 | 21,9 | 7,6 |
| | 0,75 | 17,7 | 6,4 |
| | 0,88 | 17,3 | 7,1 |
| | 0,82 | 19,8 | 5,0 |
| | 0,84 | 15,9 | 6,0 |
| | 1,26 | 14,7 | 4,6 |
| | 1,33 | 14,9 | 3,5 |
| | 1,43 | 18,0 | 4,3 |
| | 0,95 | 13,9 | 4,0 |
| | 0,78 | 13,6 | 4,8 |
| | 0,86 | 12,7 | 4,8 |
| | 1,13 | 18,0 | 4,7 |
| | 1,22 | 18,4 | 5,5 |
| | 0,93 | 17,2 | 4,7 |
| | 1,14 | 13,3 | 4,4 |
| | 1,12 | 16,6 | 5,4 |
| | 1,02 | 14,9 | 5,3 |
| | 0,90 | 17,2 | 5,6 |
| Média | 0,98 | 16,2 | 5,0 |
| Mínimo | 0,53 | 10,3 | 3,2 |
| Máximo | 1,43 | 24,6 | 8,9 |

Tabela III.3 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore N3 de *E. nitens*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|------------------------------------|--|
| | 1,34 | 19,5 | 3,3 |
| | 0,99 | 19,7 | 4,3 |
| | 1,51 | 11,8 | 2,7 |
| | 1,21 | 17,6 | 6,1 |
| | 0,99 | 20,1 | 3,4 |
| | 0,95 | 21,2 | 4,4 |
| | 1,72 | 18,9 | 7,4 |
| | 1,23 | 16,2 | 4,9 |
| | 0,56 | 14,1 | 3,9 |
| | 0,89 | 16,3 | 5,4 |
| | 1,16 | 14,8 | 5,8 |
| | 1,37 | 24,9 | 9,0 |
| | 1,03 | 18,1 | 3,6 |
| | 1,14 | 20,0 | 6,3 |
| | 0,77 | 15,6 | 6,3 |
| | 0,83 | 22,6 | 4,0 |
| | 1,49 | 17,3 | 5,6 |
| | 1,72 | 21,5 | 8,2 |
| | 1,96 | 13,1 | 4,2 |
| | 1,18 | 16,0 | 5,5 |
| | 0,74 | 15,7 | 5,1 |
| | 1,13 | 19,0 | 6,9 |
| | 1,19 | 18,1 | 3,9 |
| | 0,74 | 16,6 | 2,6 |
| | 0,62 | 16,6 | 4,8 |
| | 1,21 | 14,5 | 5,2 |
| | 0,83 | 15,6 | 4,5 |
| | 1,33 | 17,3 | 3,7 |
| | 1,47 | 19,8 | 6,8 |
| | 1,69 | 21,6 | 7,6 |
| | 1,46 | 17,1 | 5,4 |
| | 1,50 | 15,8 | 5,6 |
| | 1,08 | 18,4 | 4,8 |
| | 1,40 | 18,6 | 4,7 |
| | 0,96 | 20,1 | 7,2 |
| | 1,35 | 15,8 | 4,8 |
| | 0,79 | 13,2 | 4,9 |
| | 1,55 | 22,3 | 8,8 |
| | 1,08 | 14,5 | 4,1 |
| | 1,56 | 22,3 | 7,2 |
| Média | 1,19 | 17,8 | 5,3 |
| Mínimo | 0,56 | 11,8 | 2,6 |
| Máximo | 1,96 | 24,9 | 9,0 |

Tabela III.4 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore N5 de *E. nitens*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | 0,92 | 15,6 | 4,5 |
| | 1,15 | 16,7 | 5,9 |
| | 1,13 | 14,2 | 2,1 |
| | 0,95 | 19,0 | 6,7 |
| | 1,16 | 18,5 | 4,4 |
| | 1,26 | 20,6 | 8,2 |
| | 1,07 | 17,8 | 2,9 |
| | 0,83 | 13,6 | 5,0 |
| | 0,76 | 14,1 | 5,6 |
| | 1,04 | 18,4 | 7,3 |
| | 1,31 | 16,5 | 3,0 |
| | 1,03 | 17,5 | 3,2 |
| | 1,17 | 19,6 | 4,7 |
| | 1,14 | 19,0 | 3,6 |
| | 1,04 | 21,4 | 5,9 |
| | 1,12 | 19,1 | 6,0 |
| | 1,22 | 19,3 | 5,3 |
| | 1,04 | 17,8 | 6,8 |
| | 1,21 | 19,0 | 7,1 |
| | 0,99 | 21,5 | 6,4 |
| | 1,09 | 24,6 | 8,6 |
| | 0,75 | 20,2 | 5,7 |
| | 1,07 | 17,6 | 7,0 |
| | 0,71 | 19,3 | 4,1 |
| | 0,82 | 17,9 | 5,2 |
| | 0,92 | 22,1 | 5,9 |
| | 1,45 | 19,9 | 7,8 |
| | 0,59 | 17,0 | 2,4 |
| | 0,59 | 17,6 | 5,2 |
| | 0,88 | 18,0 | 6,0 |
| | 0,98 | 20,2 | 7,2 |
| | 1,27 | 16,5 | 3,7 |
| | 0,93 | 22,3 | 6,9 |
| | 1,01 | 17,8 | 3,8 |
| | 0,84 | 17,9 | 7,0 |
| | 1,08 | 22,3 | 6,5 |
| | 1,00 | 21,3 | 7,7 |
| | 0,73 | 20,2 | 3,9 |
| | 0,55 | 20,2 | 8,3 |
| | 0,87 | 17,8 | 5,4 |
| Média | 0,99 | 18,8 | 5,6 |
| Mínimo | 0,55 | 13,6 | 2,1 |
| Máximo | 1,45 | 24,6 | 8,6 |

Tabela III.5 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore N6 de *E. nitens*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | 0,99 | 14,9 | 3,2 |
| | 0,82 | 12,9 | 2,7 |
| | 1,12 | 17,2 | 6,0 |
| | 1,34 | 12,3 | 4,6 |
| | 1,37 | 18,5 | 7,4 |
| | 0,94 | 14,3 | 5,9 |
| | 1,18 | 21,9 | 8,0 |
| | 0,83 | 19,7 | 5,9 |
| | 0,80 | 12,1 | 3,7 |
| | 0,81 | 21,8 | 8,1 |
| | 0,66 | 20,1 | 5,7 |
| | 0,96 | 13,3 | 3,6 |
| | 1,16 | 20,9 | 5,1 |
| | 0,59 | 19,4 | 2,2 |
| | 0,89 | 13,6 | 3,8 |
| | 0,65 | 16,3 | 6,5 |
| | 0,90 | 20,8 | 5,9 |
| | 1,09 | 16,6 | 6,3 |
| | 0,76 | 18,0 | 6,1 |
| | 0,89 | 18,0 | 4,3 |
| | 1,25 | 16,8 | 2,9 |
| | 0,94 | 12,1 | 3,2 |
| | 0,96 | 23,9 | 3,2 |
| | 0,91 | 14,3 | 5,2 |
| | 0,90 | 21,4 | 4,9 |
| | 1,05 | 14,1 | 2,6 |
| | 0,75 | 23,7 | 6,1 |
| | 0,94 | 12,5 | 4,6 |
| | 0,86 | 16,0 | 5,4 |
| | 0,94 | 17,6 | 4,3 |
| | 0,99 | 19,0 | 4,8 |
| | 1,26 | 16,6 | 5,7 |
| | 0,99 | 16,7 | 3,5 |
| | 0,98 | 14,5 | 3,8 |
| | 1,35 | 11,4 | 4,2 |
| | 0,85 | 10,9 | 4,3 |
| | 0,85 | 22,5 | 5,3 |
| | 1,02 | 14,5 | 4,3 |
| | 0,96 | 15,8 | 3,9 |
| | 0,90 | 14,5 | 3,3 |
| Média | 0,96 | 16,8 | 4,8 |
| Mínimo | 0,59 | 10,9 | 2,2 |
| Máximo | 1,37 | 23,9 | 8,1 |

Tabela III.6 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore R de *E. rudis*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|------------------------------------|--|
| | 0,96 | 18,1 | 4,0 |
| | 1,14 | 14,8 | 4,0 |
| | 0,68 | 16,4 | 4,2 |
| | 1,04 | 15,2 | 4,1 |
| | 0,78 | 21,8 | 3,6 |
| | 0,82 | 22,2 | 5,3 |
| | 1,11 | 19,5 | 7,5 |
| | 0,90 | 11,9 | 3,5 |
| | 0,88 | 17,9 | 4,7 |
| | 0,62 | 15,1 | 5,0 |
| | 0,87 | 23,7 | 5,4 |
| | 0,94 | 28,7 | 7,0 |
| | 0,70 | 17,5 | 5,5 |
| | 1,17 | 18,7 | 6,8 |
| | 0,90 | 10,4 | 1,8 |
| | 0,74 | 15,2 | 4,4 |
| | 1,13 | 23,3 | 7,4 |
| | 1,12 | 22,2 | 6,9 |
| | 0,91 | 16,8 | 6,0 |
| | 0,92 | 12,2 | 4,6 |
| | 0,77 | 22,9 | 6,8 |
| | 0,72 | 20,5 | 4,6 |
| | 1,19 | 23,4 | 5,9 |
| | 1,02 | 18,6 | 6,5 |
| | 0,99 | 21,9 | 7,4 |
| | 0,86 | 25,0 | 5,9 |
| | 0,93 | 17,2 | 4,0 |
| | 0,76 | 11,5 | 4,3 |
| | 1,09 | 20,0 | 4,8 |
| | 1,02 | 21,0 | 4,7 |
| | 1,01 | 16,9 | 2,8 |
| | 1,07 | 25,8 | 7,3 |
| | 0,67 | 21,2 | 6,1 |
| | 0,93 | 19,9 | 5,5 |
| | 0,73 | 25,6 | 6,9 |
| | 0,89 | 15,0 | 3,5 |
| | 0,96 | 18,4 | 5,2 |
| | 0,92 | 22,8 | 4,9 |
| | 1,00 | 13,9 | 3,7 |
| | 1,10 | 22,0 | 7,1 |
| Média | 0,92 | 19,1 | 5,2 |
| Mínimo | 0,62 | 10,4 | 1,8 |
| Máximo | 1,19 | 28,7 | 7,5 |

Tabela III.7 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore R1 de *E. rudis*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|------------------------------------|--|
| | 0,71 | 40,7 | 8,6 |
| | 0,69 | 23,5 | 7,4 |
| | 0,84 | 19,3 | 7,6 |
| | 0,66 | 16,0 | 5,7 |
| | 0,72 | 26,1 | 9,3 |
| | 0,85 | 21,6 | 7,1 |
| | 0,95 | 23,5 | 9,7 |
| | 0,84 | 21,5 | 9,5 |
| | 0,84 | 16,5 | 5,9 |
| | 0,99 | 17,4 | 7,0 |
| | 1,15 | 18,2 | 6,8 |
| | 1,24 | 16,4 | 6,5 |
| | 0,74 | 22,0 | 6,2 |
| | 0,96 | 16,9 | 6,8 |
| | 0,71 | 12,5 | 4,6 |
| | 0,97 | 18,5 | 4,1 |
| | 1,10 | 31,0 | 8,9 |
| | 0,90 | 20,1 | 4,1 |
| | 0,91 | 15,1 | 5,0 |
| | 0,76 | 20,0 | 7,6 |
| | 0,79 | 23,2 | 7,2 |
| | 0,67 | 19,4 | 7,8 |
| | 0,89 | 33,3 | 11,7 |
| | 0,86 | 15,7 | 6,5 |
| | 0,73 | 24,8 | 9,3 |
| | 1,03 | 19,9 | 5,2 |
| | 1,03 | 19,7 | 6,9 |
| | 0,79 | 13,4 | 4,8 |
| | 0,56 | 21,4 | 8,1 |
| | 0,97 | 16,2 | 5,3 |
| | 0,76 | 21,0 | 6,7 |
| | 0,82 | 19,5 | 8,5 |
| | 0,60 | 21,7 | 8,3 |
| | 0,61 | 24,7 | 8,2 |
| | 0,94 | 13,7 | 5,0 |
| | 0,55 | 27,9 | 10,6 |
| | 1,00 | 20,9 | 5,3 |
| | 1,07 | 31,5 | 8,9 |
| | 0,65 | 23,7 | 7,7 |
| | 0,65 | 14,2 | 4,9 |
| Média | 0,84 | 21,1 | 7,1 |
| Mínimo | 0,55 | 12,5 | 4,1 |
| Máximo | 1,24 | 40,7 | 11,7 |

Tabela III.8 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore R2 de *E. rudis*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|------------------------------------|--|
| | 0,70 | 27,8 | 9,7 |
| | 0,81 | 17,9 | 6,9 |
| | 0,88 | 21,7 | 7,2 |
| | 1,08 | 19,5 | 9,1 |
| | 0,67 | 14,2 | 4,3 |
| | 0,84 | 15,1 | 3,9 |
| | 0,67 | 19,2 | 4,9 |
| | 0,80 | 20,5 | 7,4 |
| | 0,89 | 13,4 | 4,8 |
| | 0,72 | 24,2 | 8,8 |
| | 0,99 | 25,0 | 8,5 |
| | 0,71 | 23,5 | 8,6 |
| | 0,86 | 15,8 | 3,7 |
| | 0,88 | 15,5 | 4,8 |
| | 0,84 | 16,2 | 6,2 |
| | 0,92 | 24,5 | 6,3 |
| | 1,00 | 22,1 | 8,2 |
| | 0,92 | 12,0 | 3,3 |
| | 0,79 | 16,5 | 5,8 |
| | 0,76 | 22,2 | 7,8 |
| | 0,59 | 26,6 | 10,1 |
| | 0,75 | 23,3 | 5,4 |
| | 0,81 | 27,5 | 9,8 |
| | 0,86 | 19,8 | 5,4 |
| | 0,62 | 14,6 | 6,4 |
| | 0,59 | 25,4 | 8,8 |
| | 0,91 | 20,5 | 6,7 |
| | 0,76 | 21,9 | 6,9 |
| | 0,82 | 22,9 | 4,4 |
| | 0,91 | 30,2 | 9,7 |
| | 0,88 | 24,5 | 9,0 |
| | 0,67 | 24,9 | 8,8 |
| | 0,63 | 23,7 | 9,1 |
| | 0,80 | 19,1 | 5,9 |
| | 0,94 | 30,1 | 10,2 |
| | 1,07 | 27,7 | 8,6 |
| | 1,10 | 18,4 | 6,5 |
| | 0,75 | 14,5 | 3,1 |
| | 0,84 | 29,2 | 9,1 |
| | 0,92 | 14,1 | 4,3 |
| Média | 0,82 | 21,1 | 7,0 |
| Mínimo | 0,59 | 12,0 | 3,1 |
| Máximo | 1,10 | 30,2 | 10,2 |

Tabela III.9 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore R3 de *E. rudis*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|------------------------------------|--|
| | 0,74 | 16,8 | 5,2 |
| | 0,92 | 22,0 | 6,5 |
| | 0,80 | 27,4 | 7,8 |
| | 0,85 | 20,4 | 7,0 |
| | 0,77 | 20,1 | 6,3 |
| | 0,82 | 21,2 | 7,1 |
| | 0,80 | 17,5 | 6,4 |
| | 0,78 | 29,1 | 7,5 |
| | 0,59 | 16,4 | 4,6 |
| | 0,78 | 19,7 | 4,8 |
| | 0,96 | 17,8 | 5,0 |
| | 0,63 | 24,3 | 6,1 |
| | 0,74 | 15,5 | 4,7 |
| | 0,70 | 16,7 | 6,0 |
| | 0,66 | 27,4 | 5,3 |
| | 0,58 | 32,2 | 5,6 |
| | 0,52 | 37,2 | 10,8 |
| | 0,84 | 13,2 | 4,3 |
| | 0,90 | 14,6 | 4,2 |
| | 0,72 | 20,5 | 4,0 |
| | 0,59 | 25,6 | 7,3 |
| | 0,68 | 27,0 | 7,4 |
| | 0,79 | 20,4 | 4,2 |
| | 0,84 | 14,2 | 5,1 |
| | 0,83 | 16,6 | 6,1 |
| | 0,92 | 23,6 | 7,1 |
| | 0,61 | 18,7 | 6,1 |
| | 0,63 | 18,0 | 2,6 |
| | 0,86 | 18,9 | 5,8 |
| | 0,81 | 24,3 | 8,4 |
| | 0,84 | 27,8 | 7,4 |
| | 0,75 | 19,6 | 4,3 |
| | 0,70 | 23,3 | 8,2 |
| | 0,98 | 29,0 | 8,2 |
| | 0,65 | 21,4 | 6,6 |
| | 0,71 | 31,4 | 8,6 |
| | 0,99 | 17,2 | 5,2 |
| | 1,02 | 23,9 | 7,0 |
| | 0,69 | 24,1 | 7,3 |
| | 0,76 | 22,8 | 6,9 |
| Média | 0,77 | 21,9 | 6,2 |
| Mínimo | 0,52 | 13,2 | 2,6 |
| Máximo | 1,02 | 37,2 | 10,8 |

Tabela III.10 - Comprimento, largura e espessura de parede das fibras da árvore R4 de *E. rudis*.

| | Comprimento (mm) | Largura Total (μm) | Espessura da parede (μm) |
|---------------|---------------------|------------------------------------|--|
| | 0,98 | 23,5 | 7,0 |
| | 0,80 | 18,0 | 6,2 |
| | 0,85 | 18,1 | 4,4 |
| | 1,02 | 29,5 | 8,6 |
| | 1,13 | 18,3 | 6,7 |
| | 0,87 | 19,2 | 4,5 |
| | 0,77 | 19,5 | 6,3 |
| | 0,73 | 21,8 | 6,7 |
| | 0,85 | 17,1 | 4,1 |
| | 0,74 | 19,4 | 5,0 |
| | 0,78 | 14,9 | 5,4 |
| | 0,76 | 16,9 | 6,1 |
| | 0,96 | 23,0 | 5,8 |
| | 0,88 | 16,7 | 3,8 |
| | 0,99 | 18,4 | 5,1 |
| | 0,71 | 18,4 | 6,0 |
| | 1,11 | 12,9 | 4,8 |
| | 0,89 | 26,9 | 7,7 |
| | 0,89 | 22,8 | 6,6 |
| | 0,98 | 19,4 | 5,2 |
| | 0,76 | 27,1 | 6,1 |
| | 0,92 | 23,0 | 5,5 |
| | 0,64 | 25,5 | 5,0 |
| | 0,84 | 23,7 | 7,6 |
| | 0,96 | 24,6 | 7,5 |
| | 0,74 | 16,5 | 4,6 |
| | 0,89 | 21,2 | 5,2 |
| | 0,73 | 21,8 | 4,8 |
| | 0,91 | 22,0 | 6,4 |
| | 0,76 | 11,7 | 2,8 |
| | 1,11 | 19,2 | 6,3 |
| | 0,83 | 21,0 | 6,9 |
| | 0,99 | 18,0 | 5,0 |
| | 0,75 | 22,5 | 6,5 |
| | 0,82 | 19,7 | 5,9 |
| | 0,89 | 20,4 | 4,9 |
| | 0,88 | 17,3 | 4,0 |
| | 0,82 | 22,3 | 7,4 |
| | 0,67 | 19,5 | 5,2 |
| | 0,92 | 20,1 | 7,0 |
| Média | 0,86 | 20,3 | 5,8 |
| Mínimo | 0,64 | 11,7 | 2,8 |
| Máximo | 1,13 | 29,5 | 8,6 |